

*L'Organisation
scientifique
du Travail*

COLLECTION ARMAND COLIN
(Section du Génie Civil)

L'Organisation scientifique du Travail

par

GEORGES BRICARD

Ingénieur en chef du Génie Maritime

—
34 figures



LIBRAIRIE ARMAND COLIN
103, Boulevard Saint-Michel, PARIS

—
1927

Tous droits réservés

Tous droits de reproduction, de
traduction et d'adaptation réservés
pour tous pays.
Copyright 1927, by Max Leclerc et C^{ie}.

AVANT-PROPOS

MM. Michelin Frères, grands partisans des méthodes modernes d'organisation scientifique des usines, ont mis à la disposition d'un comité présidé par M. Henry Le Chatelier, Membre de l'Institut, des sommes importantes destinées à permettre aux diverses écoles d'application recrutées à l'École Polytechnique d'organiser des missions en France et à l'Étranger en vue de répandre la connaissance des principes de cette nouvelle science.

C'est grâce à cette généreuse initiative que l'auteur, alors Professeur à l'École d'application du Génie Maritime, a pu effectuer aux États-Unis sur le Système Taylor une très intéressante mission d'étude qui a été le point de départ du présent petit livre.

Il doit tous ses remerciements à M. Le Chatelier et à M. de Fréminville, qui l'ont accrédité auprès des membres de la Taylor Society, à Mr. Harlow S. Person, Directeur de la Taylor Society à New-York, à Mr. H. K. Hathaway, Ingénieur Consultant à Philadelphie, qui lui ont procuré l'entrée dans un grand nombre d'usines organisées suivant le Système Taylor, à Mr. James Donald, Directeur de la States Marine Commercial Co. de New-York, qui lui a remis des lettres d'introduction pour divers chantiers navals, au Capitaine T. C. Roberts, du Corps des Constructions navales de la Marine américaine, qui lui a fourni de nombreux renseignements sur le Système Taylor.

Son étude a été complétée en France par de nombreuses visites d'usines, notamment aux Chantiers de Saint-Nazaire (Penhoët). Il remercie le Directeur M. André Lévy et l'Ingénieur M. Larullée, desdits Chantiers, pour leur empressement à le documenter.

CHAPITRE PREMIER

PRINCIPES DU SYSTÈME TAYLOR

1. De tout temps, les hommes qui ont eu à diriger des ateliers ou des chantiers ont fait tous leurs efforts pour que les travaux fussent exécutés le plus économiquement possible. Il semblerait donc que, depuis longtemps, auraient dû être établies les lois générales de l'organisation du travail, surtout celles qui dépendent beaucoup plus de la psychologie que de la technique. Il n'en est rien cependant et, dans ces dernières années, nous avons vu ces lois se formuler en un nouveau corps de doctrine.

On peut admettre que cette création est presque entièrement l'œuvre de l'Américain Frédéric Winslow Taylor (1856-1915) qui y a consacré la majeure partie de son existence, en y apportant un esprit entièrement nouveau, dépouillé d'idées préconçues. Il a su, en outre, exprimer le résultat de ses travaux avec une force saisissante qui en a assuré la rapide diffusion. Actuellement « *Système Taylor* » est synonyme d'*Organisation scientifique du travail*. Pour exprimer que l'on a réorganisé une usine, une administration, ne serait-ce que celle d'une maison particulière, on dit souvent qu'on l'a *taylorisée*. Bien que cette évocation du nom de Taylor soit parfois un peu abusive, il est certain que ses principes ont un

grand caractère de généralité et que toute industrie gagne à en faire une application tout au moins partielle.

D'où vient qu'on ait attendu si longtemps pour créer cette nouvelle science ? C'est que le besoin ne s'en était pas fait sentir jusque là.

2. Avant 1789, l'industrie était exercée par les corporations. La machine à vapeur était inconnue, la métallurgie dans l'enfance. Le travail se faisait soit à la main, soit au moyen de machines de construction très grossière, comme les anciens métiers de tisserands. La main-d'œuvre était très bon marché. Le facteur prépondérant du prix de revient était la matière première. Toute l'ingéniosité des artisans s'appliquait donc à ménager celle-ci ou à la mettre en œuvre de la façon la plus propre à satisfaire leur clientèle.

Le travail se faisait par des procédés traditionnels. Certains de ces derniers assurément pouvaient être qualifiés de routiniers ; mais beaucoup d'autres étaient véritablement le fruit d'une longue expérience et ils constituaient la meilleure solution alors possible des problèmes industriels qui se posaient.

Les mouvements d'un ouvrier qui fait du filet à la main sont manifestement le résultat d'une étude très patiente et très ingénieuse qui a fait disparaître tout geste inutile. Il n'est pas douteux pour nous que Taylor et ses collaborateurs aient voulu enseigner aux ouvriers des usines modernes à conduire leurs machines avec la même économie de mouvements.

On trouve d'ailleurs des études antérieures à 1789, rares il est vrai, qui portent sur le travail et usent de procédés analogues à ceux que devait employer Taylor. Ainsi, Vauban, ayant à construire des retranchements, se préoccupa de chiffrer le travail des terrassiers et des traîneurs de brouettes. Il fit des mesures de temps au

chronomètre. Béliador effectua des études analogues sur le battage des peux (1).

Mais ces travaux restèrent isolés. Le besoin d'une doctrine générale ne se faisant pas encore sentir.

3. Pendant le XIX^e siècle, la machine à vapeur et la métallurgie ont progressé simultanément et l'une par l'autre. Il devint possible de construire des machines qui accrurent la production industrielle dans une proportion extraordinaire. Une machine à raboter le bois, par exemple, desservie par deux ouvriers, fait le même travail que cent menuisiers avec leurs varlopes. Quand, par l'adoption des machines, on pouvait faire de tels progrès, on n'était guère incité à dépenser son temps et sa peine à étudier les méthodes d'organisation qui ne pouvaient conduire qu'à des bénéfices bien modestes.

4. Vers 1880, quand Taylor a commencé ses travaux, la substitution de la machine à l'homme était un progrès acquis. Le perfectionnement devait résulter de la mise au point des nouveaux procédés de travail et non de leur remplacement par d'autres.

L'œuvre de Taylor a donc été toute de coordination plutôt que d'invention. Elle prêtait le flanc à l'accusation de manquer d'originalité. On ne la lui a pas ménagée. C'était une injustice. Certes, notre admiration et notre reconnaissance vont d'elles-mêmes à l'inventeur génial qui a doté l'humanité d'un outil nouveau. Nous les devons également à l'architecte patient qui a su grouper les matériaux qu'il n'a pas trouvés lui-même, en découvrir les rapports nécessaires et les unir en un édifice aux belles proportions, jamais construit avant lui, qui accroît la richesse de l'humanité.

Taylor a su bâtir toute une théorie qui s'applique à l'organisation du travail dans toutes les branches de

(1) FREMONT, *Étude sur le Système Taylor*.

l'industrie : construction mécanique, textiles, industrie du bois, industrie du livre, travaux de manutention, même travaux intellectuels d'un ordre inférieur comme le calcul numérique. L'application de ses principes a donné lieu généralement à de très notables augmentations de la production, laquelle a parfois été triplée. Il semble donc bien qu'il ait accru les moyens d'action dont dispose l'humanité et que ses principes méritent d'être étudiés.

5. La meilleure manière d'exposer ces derniers serait d'indiquer comment Taylor a été amené à les concevoir successivement. Malheureusement, pendant de longues années, celui-ci n'a rien publié de ses recherches. Il effectuait dans une usine une série d'expériences, puis passait dans les ateliers d'une autre société qui consentait à faire les frais de nouveaux essais, à condition de profiter des résultats acquis et gardés secrets. Quand, sur le tard, il a pu exposer ses idées, il ne l'a pas fait dans l'ordre de leur conception. On peut toutefois extraire de ses mémoires des indications qui permettent de rétablir avec un certain degré de certitude la marche de son esprit.

Nous allons tenter de le faire, en nous efforçant de montrer comment en partant de l'étude des constructions mécaniques et plus particulièrement du travail des machines-outils, il a pu formuler des lois applicables à toutes les industries.

6. C'est comme manœuvre qu'il a débuté et il a passé par les plus bas degrés de la hiérarchie pour en atteindre le sommet. En 1880, alors qu'il était contremaître tourneur, il voulut obtenir des ouvriers placés sous ses ordres une production aussi élevée que possible. Il avait appris, au temps qu'il en faisait partie, que le personnel ouvrier des ateliers ne cherche jamais de lui-même à augmenter sa production, bien au contraire,

Taylor n'hésite pas à écrire que l'ouvrier vendant son travail à son patron, cherche à le faire payer le plus cher possible et par suite à en fournir le moins possible pour un salaire déterminé. Ce sentiment portait tout naturellement à la flânerie les hommes qui travaillaient à la journée. Il en était de même pour ceux qui travaillaient aux pièces en raison des usages d'alors. En effet, les tarifs de travail aux pièces étaient établis de manière à procurer aux ouvriers le salaire moyen correspondant dans la région à leur spécialité. Quand leur production moyenne augmentait, le patron réduisait le tarif de manière à ramener le gain moyen de ses ouvriers au taux habituel, sans chercher à savoir si le tarif était vraiment trop élevé ou si les ouvriers n'avaient pas fait un effort exceptionnel, digne d'une rémunération particulière.

Taylor explique longuement les procédés par lesquels la production peut être ralentie sans que la flânerie soit trop apparente. Ainsi, l'ouvrier s'astreint à une grande lenteur de mouvements qui apparaît, par exemple, quand on compare la vive allure à laquelle il rentre chez lui, son travail fini, et celle à laquelle il se déplace dans l'usine pendant les heures de travail. De même, certains débardeurs marchent beaucoup plus vite quand ils portent une lourde charge que quand ils sont à vide, afin de rester chargés le moins longtemps possible.

Une autre manière de limiter la production consiste à faire fonctionner les machines-outils à un régime très éloigné de leur puissance maximum. Ainsi, un tourneur chargé de dégrossir une pièce multipliera inutilement le nombre des passes dont il accroîtra la durée en utilisant des vitesses de rotation et des avances trop faibles. Si son contremaître lui reproche de perdre du temps, il objectera que les machines-outils ainsi ménagées s'usent moins, que les outils s'émoussent moins vite

et qu'on perd moins de temps à les affûter, enfin que le travail est mieux fait.

7. Toutes ces affirmations sont exactes ; mais il faut comparer le gain résultant de ces avantages avec la perte de temps correspondant au ralentissement de la production. Quoiqu'il eût été noté comme un bon tourneur, Taylor se rendit tout de suite compte qu'il ne lui était pas possible de faire cette comparaison. A ses débuts, il avait la conviction que la production moyenne des ouvriers tourneurs était insuffisante sans savoir de combien elle s'éloignait du maximum. Il était incapable de déterminer dans quelles conditions un travail de machine-outil devait être exécuté pour obtenir la plus grande économie possible. Il vérifia que les meilleurs ouvriers tourneurs étaient aussi ignorants que lui à cet égard.

Comme conclusion de ces constatations, il demanda à la direction de l'usine qui l'employait et il en obtint d'exécuter une série d'expériences systématiques en vue de déterminer les moyens les plus économiques de tailler les métaux sur les machines-outils.

Notre intention n'est pas de décrire ici les expériences de Taylor relatives à la coupe des métaux. Il l'a fait dans un mémoire présenté en 1906 à la Société Américaine d'Ingénieurs Mécaniciens. Ce mémoire n'est d'ailleurs pas le premier présenté sur la question. Dès 1862, l'Ingénieur de la Marine Joëssel avait étudié à l'Établissement National d'Indret les meilleures formes et les conditions d'emploi les plus avantageuses des outils à métaux (1) : mais son but était différent de celui de Taylor. En raison des conditions économiques de son temps, Joëssel s'était attaché à déterminer les caractéristiques de fonctionnement permettant d'enlever une

(1) JOËSSEL,

quantité déterminée de métal avec le travail mécanique minimum, les dépenses de force motrice l'emportant de beaucoup à cette époque sur les dépenses de la main-d'œuvre qui était alors à vil prix. Bien entendu, Taylor qui travaillait en Amérique où, même en 1880, la main-d'œuvre était déficitaire, devait s'attaquer au problème de tout autre manière et le point essentiel de ses recherches était de déterminer les conditions de travail permettant d'enlever une quantité donnée de métal avec la dépense minimum de main-d'œuvre, c'est-à-dire dans le temps minimum.

8. Il n'est pas sans intérêt de rappeler à cette occasion comment Taylor et son collaborateur du moment White ont été amenés au cours de ces expériences à inventer leur procédé pour le traitement thermique des outils en acier dit *rapide*. La manière dont cette découverte eut lieu est caractéristique de la méthode de Taylor ; elle met en évidence l'étendue qu'il donnait au champ de ses expériences ; elle montre à quel point il résistait aux idées préconçues.

On venait de découvrir que l'addition de tungstène améliorait les aciers à outils. C'était d'autre part un fait bien connu que les aciers au carbone ordinaires sont très sensibles à la surchauffe et que si, au cours de leur forgeage ou de leur trempe, on chauffe les outils fabriqués avec cet acier au-dessus d'une certaine température, le métal est « brûlé ». Les inventeurs de l'acier rapide avaient constaté que leur métal chauffé à 900° C avait tout l'aspect de l'acier brûlé. Ils s'étaient bornés à rechercher la température de trempe inférieure à la précédente qui donnait les meilleurs résultats.

Taylor ayant rencontré des difficultés avec des outils dont la température de trempe n'était pas correcte, résolut de faire des essais méthodiques en trempant des outils identiques à des températures variant de 50 en

50 degrés Fahrenheit (27°7 C), et cela non seulement jusqu'à la température de 900° C reconnue critique, mais bien jusqu'à la température de fusion de l'acier.

A son grand étonnement, il constata que les aciers s'amélioraient à mesure que la température de trempe s'élevait au-dessus de 900° et que ceux qui étaient trempés au voisinage du point de fusion, loin d'être brûlés, permettaient des vitesses de coupe trois fois supérieures à celles des anciens outils. C'était là une découverte capitale qui devait révolutionner tous les ateliers d'ajustage du globe et qui justifiait à elle seule toutes les dépenses engagées par Taylor pour l'ensemble de ses recherches.

9. Quand Taylor commença ses expériences, il pensait qu'elles dureraient six mois. Il y travailla 26 ans sans épuiser la question, puisque il eut des continuateurs, comme nous l'exposerons au chapitre III. Au cours de cette longue période, ses idées sur l'organisation scientifique du travail dans les usines se formèrent peu à peu, suivant une évolution que nous allons essayer de décrire.

Il commença par s'indigner de l'incapacité et de la paresse des ouvriers qui ne savaient ni ne voulaient exécuter leur tâche dans le temps minimum ; mais dès qu'il eut commencé ses expériences, ses idées évoluèrent rapidement. Il reconnut bien vite, en effet, que le problème qui se pose à propos de l'usinage le plus simple est d'une extraordinaire difficulté, car il n'y a pas moins de douze variables qui interviennent dans la question, savoir :

- a) La qualité du métal à travailler.
- b) Le diamètre de la pièce.
- c) La profondeur de coupe.
- d) L'épaisseur de copeau.
- e) L'élasticité de la pièce et de l'outil.
- f) La forme du tranchant de l'outil et la valeur de ses angles caractéristiques.

g) La composition chimique de l'acier dont est fait l'outil et le traitement thermique auquel il a été soumis.

h) L'importance du jet d'eau ou du moyen de réfrigération, quel qu'il soit, employé sur l'outil.

i) Le temps que l'outil doit rester sans être affûté.

j) La pression du copeau sur l'outil.

k) Les changements de vitesse et d'avance possibles avec le tour.

l) L'effort d'arrachement et d'avance dont est capable le tour.

Comment espérer qu'un ouvrier auquel un ouvrage déterminé est confié, saura discerner les valeurs des variables ci-dessus qui correspondent aux données du problème et fixer les valeurs à donner aux autres variables en fonction des premières pour rendre minimum la durée d'exécution de ce travail. Ce n'est qu'après vingt ans d'efforts que Taylor et son collaborateur Barth sont parvenus à imaginer l'instrument mathématique, une règle à calcul, qui leur a permis d'utiliser pratiquement d'une façon complète les résultats des essais faits sur les machines. Il était donc absurde de se fier uniquement au coup d'œil des ouvriers pour le choix des conditions d'exécution et il était naturel que le choix ainsi déterminé ne permit qu'une production moitié ou tiers de la production possible, étant donné surtout, qu'à tort ou à raison, l'ouvrier croit de son intérêt de ralentir son travail autant qu'il le peut.

Par suite, il ne suffit pas de remettre à un tourneur un dessin et une pièce brute ; il faut encore lui définir avec la plus grande précision les opérations qu'il doit accomplir, lui dire par exemple sur quel étage du cône devra être placée la courroie, quels outils il devra utiliser, le nombre de passes à faire, le serrage et l'avance qui devront être employés à chaque passe. En résumé, Taylor a découvert la nécessité de faire étudier par la

Direction les détails d'exécution d'une pièce comme il a été reconnu qu'il était indispensable de déterminer par des dessins les moindres détails de la construction. La seconde de ces obligations n'a d'ailleurs été admise qu'à une époque relativement récente. Taylor se rappelait avoir vu à ses débuts un ingénieur, un chef d'atelier et deux ouvriers traceurs expérimentés juchés sur un cylindre de machine à vapeur, armés de compas et de bâtons de craie et discutant longuement sur l'emplacement à donner aux boulons de fixation du couvercle. La méthode qui consiste à laisser à la discrétion de l'ouvrier les procédés d'exécution lui paraît aussi routinière que celle à laquelle ont mis fin les salles de dessin modernes.

10. L'obligation qui force le patron à ne pas se désintéresser des procédés de travail n'est pas particulière à la construction mécanique. C'est à propos de cette dernière que Taylor a été amené à la formuler ; mais, de bonne heure, il s'est attaché à montrer qu'elle s'imposait dans tous les domaines de l'industrie. Nous relaterons au chapitre V comment il a démontré que les travaux les plus simples, comme la manutention à bras de gueuses de fonte ou le pelletage de matériaux, se prêtaient à une étude scientifique féconde, productrice de bénéfices aussi élevés que ceux que procure le perfectionnement des machines-outils et leur emploi. Il a pu ainsi tripler le tonnage manipulé par des ouvriers manœuvres par journée de travail.

11. Un élément nouveau qu'il a introduit dans toutes les branches de l'industrie, c'est l'*étude élémentaire des temps*. Il a ainsi substitué une notion précise à des données vagues.

Quand un industriel veut déterminer un prix de vente ou un salaire à la tâche, il doit évaluer la durée d'un travail. Dans bien des cas cette évaluation se fait par des

procédés purement empiriques. Ainsi, pour prendre un exemple dans la construction mécanique, un industriel ayant à fabriquer une pièce de machine en déterminera le prix de revient d'après le poids, en choisissant au sentiment le prix du kilogramme d'après le plus ou moins de complication de la pièce. S'il veut déterminer le prix de la pièce brute, il en évaluera le poids en majorant d'un pourcentage qu'il appréciera celui de la pièce finie, et il appliquera un nouveau prix unitaire. De la différence entre le prix de la pièce finie et celui de la pièce brute, il déduira le prix de l'ajustage. De nouveaux coefficients lui permettront de répartir ce prix en main-d'œuvre directement appliquée et frais généraux et c'est par un dernier partage en parties proportionnelles qu'il évaluera le salaire de chacun des ouvriers concourant à la fabrication.

Avec cette méthode, l'auteur de l'évaluation doit à chaque instant faire choix de coefficients d'après des données vagues, en faisant appel à son *expérience* et à son *coup d'œil*. Or précisément Taylor s'est donné pour tâche de remplacer en toute occasion les données de l'expérience et du coup d'œil par des notions scientifiques précises, susceptibles d'être exprimées en chiffres.

Puisque le patron a étudié *scientifiquement* les procédés de travail, il connaît la circonstance essentielle qui dépend de ces procédés, la durée de chaque opération. L'addition des durées élémentaires lui donne la durée totale.

Dans la construction mécanique, en particulier, les expériences de Taylor permettent au patron de prévoir le nombre de passes de tour qui seront nécessaires, avec les caractéristiques (vitesses de rotation, avances) les plus avantageuses. Un calcul immédiat donne la durée de chaque passe. Pour calculer le temps normal du travail de tour, il suffira donc de connaître la durée des opérations supplémentaires que comporte ce travail :

montage de la pièce sur la machine, manœuvre de celle-ci, changement des outils, etc. On le fait en mesurant ces temps au chronomètre une fois pour toutes.

Nous montrerons au chapitre III, consacré aux études de temps et des procédés de travail, comment on peut donner un caractère scientifique à ces chronométrages.

Les principes essentiels sont les suivants : Avant d'être chronométrée, toute opération doit être décomposée en ses éléments. On découvre ainsi généralement au début de l'application de ces méthodes dans une usine que bien des éléments sont inutiles et augmentent sans compensation le prix de l'opération totale. On mesure la durée de chaque opération élémentaire. Les résultats des chronométrages peuvent ainsi être utilisés non seulement pour déterminer la durée normale des opérations industrielles à propos desquelles ils ont été relevés, mais encore pour établir la durée normale de toute autre opération obtenue en combinant différemment les opérations élémentaires étudiées. De cette manière, par un nombre fini d'expériences, on réunit la documentation nécessaire pour évaluer la durée normale d'un nombre infini de fabrications.

12. Taylor lui-même a montré que le chronométrage était applicable à des opérations très différentes des constructions mécaniques. Il a pris pour cela l'exemple de la manutention à bras des gueuses de fonte. Il étudia, le chronomètre en main, le temps nécessaire pour charger une gueuse, la vitesse à laquelle un homme pouvait la transporter, le temps nécessaire pour la déposer sur le nouveau tas ou sur un chariot, la vitesse de retour de l'homme non chargé, enfin la durée des repos nécessaires. Il put ainsi établir des tarifs raisonnés pour tous les travaux de ce genre qui étaient effectués dans une grande usine métallurgique. Encouragés par des salaires particulièrement élevés, les ouvriers manœuvres parvinrent

à manipuler chacun 58 tonnes par jour, alors que, laissés à eux-mêmes, ils en manipulaient de 16 à 25 seulement.

Enfin Taylor et surtout ses collaborateurs ou successeurs ont appliqué les études de temps aux travaux les plus variés, comme la construction des murs en briques, la reliure industrielle, la fabrication des enveloppes et du papier à lettres, la confection des mouchoirs. Dans chaque cas, ces études ont fourni des résultats précis, et elles ont inspiré des perfectionnements des procédés de travail qui en ont considérablement augmenté l'économie.

13. Nous sommes arrivés au point où, par une étude rigoureuse des détails de la fabrication, le patron a déterminé la meilleure manière d'accomplir un travail et le temps normal de l'opération. Comment obtiendra-t-il que cette manière soit adoptée et que cette durée ne soit pas dépassée ? C'est un nouveau problème que Taylor a dû résoudre. De ses années de tourneur, nous l'avons dit, il avait retenu que la flânerie était systématique dans les ateliers, faute d'un mode de rémunération logique. L'ouvrier travaillant aux pièces était détourné de faire tous ses efforts par la crainte de fournir au patron une raison de diminuer le tarif.

Avec les études de temps, le patron sait indiquer *a priori*, sans avoir besoin du concours de l'ouvrier, quelle est la durée normale d'un travail. Il peut donc prendre l'engagement formel de ne pas diminuer le tarif, quelle que soit la production, sans craindre d'être obligé de payer des salaires dépassant toute limite raisonnable. L'ouvrier est ainsi libéré de l'arrière-pensée qui tend avec le plus de force à diminuer son zèle.

14. Il est juste, d'autre part, que l'ouvrier bénéficie de l'effort supplémentaire qu'il fournit quand on passe des vieilles méthodes au système Taylor. Sans supplément de salaire, d'ailleurs, il ne resterait pas dans une usine où une activité exceptionnelle lui est imposée.

Par des expériences dont il n'a pas donné le détail, Taylor a voulu se rendre compte de la valeur du salaire minimum pour lequel les ouvriers étaient incités à fournir leur pleine production.

Il a trouvé que le supplément doit varier entre 30 et 100 %. La plus faible valeur correspond aux travaux faciles. Celle de 60 % s'appliquera à des travaux difficiles, soit qu'ils exigent une grande valeur professionnelle, soit qu'ils soient très fatigants, comme la manutention des gueuses indiquée plus haut. Le supplément maximum sera accordé pour des travaux exigeant à la fois une grande capacité et une grande résistance physique comme la conduite d'un gros marteau-pilon.

15. Il ne suffit pas toutefois que l'ouvrier soit récompensé par un supplément de salaire s'il accomplit toute la tâche reconnue normale. Il faut encore que, si sa production est insuffisante, il soit découragé de rester à l'usine, parce que les frais généraux dépendent beaucoup plus du nombre des ouvriers que de leur production. Le tarif différentiel de Taylor répond à cette préoccupation.

Supposons qu'on ait établi que le strict maximum de pièces que l'on peut faire en une journée soit de 11. Comme des pertes de temps sont inévitables, on admettra que la production normale est de 10 pièces par jour par exemple et l'on calculera le tarif de manière que l'ouvrier faisant 10 pièces reçoive 60 % de plus que les ouvriers de même catégorie travaillant dans les autres usines de la région. Autrement dit, si le salaire moyen de la journée est S, chaque pièce sera payée 0,16 S.

Toutefois ce tarif ne sera applicable que si l'ouvrier fabrique au moins 9 pièces. S'il en fait 8 ou moins, le tarif sera abaissé de 25 % et ramené par conséquent à 0,12 S. Si donc l'ouvrier ne fait que 8 pièces, il gagnera seulement 0,96 S, c'est-à-dire 4 % de moins que ses

camarades des autres usines. Cependant, il aura travaillé davantage, puisque l'emploi du système Taylor entraîne au moins le doublement de la production des ouvriers et que le salaire normal dans une autre usine aurait été accordé pour 5 pièces au plus.

Le but que vise Taylor est donc de n'employer que des ouvriers d'élite, parfaitement adaptés à la tâche particulière qui leur est confiée. Aux objections faciles qu'il faut employer tout le monde, que chacun doit être récompensé selon son mérite, lequel dépend du zèle et des efforts de chacun plutôt que de ses facultés naturelles, voici comment Taylor répond (1) :

« Pour forcer leurs adhérents à travailler lentement, les « syndicats emploient certaines phrases hypocrites qui pa-
 « raissent tout à fait justes quand on n'a pas analysé leur
 « sens réel. Ils proclament continuellement : *Ouvriers, ne vous*
 « *laissez pas demander plus qu'une tâche quotidienne honnête,*
 « ce qui semble parfaitement juste jusqu'à ce qu'on se rende
 « compte de la façon dont ce principe est appliqué. L'absurdité
 « de son application ordinaire serait évidente dans le cas des
 « animaux. Supposez un entrepreneur de transport qui aurait
 « dans ses écuries une collection variée d'animaux de trait,
 « comprenant de petits ânes, des poneys, des chevaux de trait
 « léger, des carrossiers et des chevaux de gros trait ; supposez
 « aussi qu'on fasse un règlement par lequel aucun animal de
 « ces écuries ne devrait faire plus que l'honnête tâche quoti-
 « dienne d'un âne ; l'injustice de ce règlement sauterait aux
 « yeux de chacun. Or, à peu près sans exception, les syndicats
 « admettent comme membre tout ouvrier de la partie, pourvu
 « qu'il paye ses cotisations ; cependant la différence entre
 « l'excellent ouvrier et l'ouvrier médiocre est aussi grande
 « qu'entre les bons chevaux de gros trait et les ânes (cette
 « différence est parfaitement reconnue de tous dans le cas des
 « chevaux, mais elle n'est pas du tout admise pour les hommes).
 « Quand un syndicat, s'abritant sous le principe d'une *hon-*
 « *nête tâche quotidienne*, interdit à un ouvrier de première classe
 « de faire plus qu'un ouvrier lent ou inférieur, il commet une
 « absurdité égale à celle qui consisterait à limiter le travail
 « d'un fort cheval de trait à celui d'un petit âne. »

(1) TAYLOR, III, § 433.

Ailleurs, Taylor déclare qu'il ne peut s'attendrir sur le sort des ouvriers rendus inutiles par l'augmentation du rendement des autres et congédiés, parce que les conditions du travail sont telles en Amérique qu'un manœuvre ne reste jamais plus de quarante-huit heures en chômage.

16. Pour faire rendre à la main-d'œuvre tout ce qu'elle peut produire, il faut donc abandonner l'ancienne méthode qui consiste à s'en rapporter à l'ouvrier pour tout ce qui est détail d'exécution. Il faut au contraire lui remettre en même temps que la matière brute et la désignation du résultat à obtenir, une fiche lui détaillant par le menu les opérations à effectuer et ne lui laissant aucune initiative. Mais là ne se borne pas la tâche du patron. Il doit faire en sorte que l'ouvrier ait véritablement la possibilité d'exécuter la sienne dans le temps voulu. Or, bien des pertes de temps ne sont pas imputables aux ouvriers : ceux-ci ne reçoivent pas en temps utile toutes les matières nécessaires, l'outillage n'est pas en parfait état d'entretien. D'autre part, pour alléger sa propre tâche, le patron confie souvent à l'ouvrier des travaux qui ne sont pas strictement de la spécialité de ce dernier. Ainsi un ouvrier tourneur devra affûter ses outils quand ils sont émoussés ; un maçon poseur de briques devra aller chercher les matériaux dont il a besoin ; il préparera son mortier. Toutes les fois qu'un ouvrier est ainsi distrait de son travail normal, pour effectuer une besogne accessoire, il y a perte pour le patron, car, tantôt le spécialiste accomplit une besogne de manœuvre qui serait effectuée à un moindre prix par un ouvrier à faible salaire, tantôt cette besogne pourrait être confiée à un autre spécialiste travaillant sur des séries et par suite à meilleur compte.

Le moyen d'éviter ces pertes consiste à prévoir tous ces travaux et à s'organiser de manière qu'ils soient

effectués en temps utile, au meilleur compte possible. Par suite, dès qu'il a pris la décision d'exécuter une commande, le patron doit répondre aux questions ci-après :

Quel travail doit être exécuté, par quels procédés, avec quels matériaux, par quels ouvriers, à quel moment ? Comment et quand les matériaux devront-ils parvenir aux ouvriers qui les mettront en œuvre successivement ? Comment les ouvriers recevront-ils les outils spéciaux qui leur seront nécessaires ? Comment leurs machines seront-elles maintenues en bon état ? Comment la bonne exécution du travail sera-t-elle vérifiée ?

Dans les anciennes usines, organisées suivant ce que Taylor appelle le *système militaire* (n'oublions pas qu'il écrivait à une époque où les États-Unis étaient la nation du monde la moins militarisée et que ses notions sur le fonctionnement d'une armée étaient vraisemblablement des plus sommaires), la plupart de ces questions ne se posent qu'à mesure de l'exécution. De même qu'un ordre donné par le général est transmis sans modification par tous les degrés de la hiérarchie pour arriver au simple soldat qui doit l'exécuter, de même un travail est commandé par l'envoi d'un bon au chef d'atelier, lequel en assure l'exécution en transmettant le bon au contre-maître. Celui-ci à son tour passe la commande au chef d'équipe, lequel la remet enfin à l'ouvrier. Ce n'est qu'à ce moment que l'on se préoccupe de réunir les matériaux et l'outillage nécessaires. Les réponses aux questions précédentes sont donc fournies partie par le chef d'atelier et par le chef d'équipe, partie par l'ouvrier avec des pertes de temps onéreuses. Ce défaut d'organisation qui, dans l'exemple ci-dessus, est poussé à l'extrême, provient de la charge écrasante imposée dans ce système au chef d'équipe.

Voici les neuf qualités qui, d'après Taylor, font un homme universel (1) :

- « L'intelligence.
- « L'éducation.
- « Les connaissances spéciales ou techniques, l'habileté manuelle ou la vigueur physique.
- « Le tact.
- « L'énergie.
- « La fermeté.
- « L'honnêteté.
- « Le jugement ou le bon sens.
- « Une bonne santé.
- « On trouve en tout temps, pour des salaires de manœuvres, « quantité d'hommes possédant seulement trois des qualités « ci-dessus ; avec quatre de celles-ci combinées, vous obtenez « un ouvrier méritant un salaire meilleur. L'homme qui jouit « de cinq de ces qualités commence à être difficile à trouver. « La chose commence à être presque impossible quand il s'agit « de réunir six, sept ou huit d'entre elles. Ceci posé, examinons « les devoirs que doit remplir un chef d'équipe chargé des « tours ou des raboteuses, par exemple, et notons les connaissances et qualités que ses devoirs impliquent :
- « a) Il doit être bon mécanicien, et cette seule condition « exige des années d'un apprentissage spécial et limite le choix « à une catégorie relativement faible d'individus.
- « b) Il doit pouvoir lire facilement les dessins et avoir assez « d'imagination pour se représenter nettement la pièce terminée. Ceci exige un certain degré d'intelligence et d'instruction.
- « c) Il doit préparer l'ouvrage et s'assurer que les ouvriers « ont en mains l'équipement et les outils convenables et qu'ils « en font usage pour monter correctement la pièce sur la machine et tailler le métal à la vitesse et à l'avance voulues. « Ceci demande une certaine aptitude pour embrasser une « multitude de petits détails et s'occuper de choses secondaires « et peu intéressantes.
- « d) Il doit veiller à ce que chaque ouvrier tienne sa machine « propre et en bon état. Il doit donner l'exemple et être lui-même naturellement propre et ordonné.
- « e) Il doit veiller à ce que chaque ouvrier produise un travail de la qualité requise. Ceci implique un jugement droit « et une intégrité qui sont les qualités d'un bon surveillant.

(1) TAYLOR, III, §§ 221 et suiv.

« f) Il doit s'assurer que les ouvriers placés sous ses ordres travaillent de façon continue et rapide. Pour cela il doit être lui-même actif, énergique, capable d'entraîner et d'exciter ses ouvriers en travaillant plus vite qu'eux ; ceci est rarement compatible avec le souci des détails, la propreté, la droiture de jugement requises d'un chef d'équipe comme troisième, quatrième et cinquième conditions.

« g) Il doit constamment prévoir tout l'ensemble du travail et veiller à ce que les pièces viennent aux machines dans l'ordre voulu et à ce que chaque machine reçoive les travaux qui lui conviennent.

« h) Il doit, au moins d'une façon générale, surveiller l'emploi du temps et fixer le prix des travaux aux pièces.

« Les septième et huitième obligations exigent une certaine quantité de travail d'écriture et un certain degré d'habileté ; ce genre de travail répugne presque toujours à l'homme habitué à un travail manuel actif et lui est difficile ; la fixation des salaires exige à elle seule tout le temps et l'étude minutieuse d'un homme spécialement apte à ces détails.

« i) Il doit exercer la police parmi les ouvriers sous ses ordres, corriger leurs salaires, obligations qui demandent du jugement, du tact et de l'esprit de justice.

« Il est donc évident que les devoirs imposés au chef d'équipe ordinaire exigent qu'il soit apte à remplir la majeure partie des neuf obligations mentionnées ci-dessus. Or, quand on peut trouver un pareil homme, on doit en faire un directeur ou un *superintendant des ateliers* et non un chef d'équipe. »

17. Taylor trouva la solution de cette difficulté dans le principe de la séparation des fonctions. Puisqu'il est impossible de recruter toute une série d'individus doués de toutes les qualités requises pour un modeste chef d'équipe, donnons à l'ouvrier autant de chefs qu'il est nécessaire pour qu'il soit facile de trouver des spécialistes capables de remplir chacun des postes ainsi créés. L'un, particulièrement technique, devra indiquer avec précision comment le travail sera fait ; un autre, par quel ouvrier ; un troisième, à quel moment ; un quatrième veillera à la discipline ; un cinquième, à l'entretien de l'outillage, etc.

Nous verrons d'ailleurs au chapitre suivant quelles

subdivisions Taylor admet pour la direction. C'est le principe de la division du travail appliqué non pas seulement à l'exécution, mais encore à la direction.

18. On peut brièvement résumer comme suit les principes qui viennent d'être exposés :

Les ouvriers flânent systématiquement. Ils cherchent à laisser leur patron dans l'ignorance du temps nécessaire pour accomplir leur travail. Par l'étude des temps élémentaires, la direction d'une usine a le moyen de déterminer à l'avance la durée normale de n'importe quelle opération.

On doit fixer avec précision à chaque ouvrier la tâche qu'il doit faire chaque jour et lui donner les instructions les plus nettes et les plus détaillées sur la manière de l'accomplir. La prétendue expérience des ouvriers ne peut lutter contre la science véritable qu'acquiert le patron par une expérimentation méthodique.

La tâche donnée aux ouvriers doit être difficile à accomplir. S'ils y réussissent, ils doivent en être récompensés par un salaire supérieur de 30 à 100 % selon le cas à celui des ouvriers de leur spécialité ; mais s'ils échouent, leur salaire doit tomber au-dessous de la moyenne, afin de décourager les ouvriers médiocres qui augmentent les frais généraux. C'est là le but du tarif différentiel de salaires.

La direction ne doit pas seulement indiquer comment le travail doit être fait, mais aussi quand, avec quels matériaux, quels outils... Le chef d'équipe de l'ancien système serait débordé par une semblable augmentation de ses attributions et il est indispensable de répartir ses fonctions entre un certain nombre de personnes.

19. Dans les chapitres suivants, nous allons montrer l'application de ces principes à des industries extrêmement variées. Nous avons déjà montré l'insistance de Taylor à proclamer la généralité de ses conceptions.

Ce serait donc une erreur de croire que ses méthodes ne s'appliquent qu'aux travaux d'ajustage.

Une autre erreur assez répandue, contre laquelle nous voudrions dès à présent mettre le lecteur en garde, consiste à croire que le système Taylor n'est avantageux que pour les travaux de série. De tout temps les patrons des ateliers où se faisaient un petit nombre d'opérations toujours les mêmes, se sont préoccupés de déterminer les procédés de travail les plus économiques ainsi que la production normale d'un bon ouvrier. Même si ces études ont été faites par des procédés empiriques, on peut admettre que l'écart entre la production réalisée et le maximum possible ne laisse qu'une faible marge de bénéfice pour l'application du système Taylor. Dans les travaux qui ne sont pas de série, au contraire, les pertes de temps sont très grandes, le gain possible très considérable. C'est donc à ces travaux que le système Taylor doit être appliqué. Nous montrerons plus loin dans quelle mesure cela est possible.

CHAPITRE II

L'ORGANISATION D'UNE USINE D'APRÈS LE SYSTÈME TAYLOR

1. **Les divers services.** — Nous avons vu que l'une des principales caractéristiques du système Taylor était la répartition des fonctions habituellement confiées au chef d'atelier entre un certain nombre de chefs de service, dont chacun est étroitement spécialisé. Au lieu d'obéir à un seul supérieur hiérarchique, le contremaître ou chef de groupe, qui, suivant l'organisation ordinaire, lui transmettrait les ordres venus de la direction et qui surveillerait son travail, l'ouvrier se trouve dirigé et surveillé par un nombre relativement élevé de supérieurs qui agissent chacun dans son rayon particulier.

Les services principaux de l'usine sont les suivants :

1^o Le *service* ou *bureau des fabrications* qui étudie en détail les procédés d'usinage, détermine les temps normaux de fabrication, règle l'ordre d'exécution des travaux, le mode d'approvisionnement des matières, désigne les ouvriers chargés du travail, etc.

Tous ces travaux sont exécutés par des employés différents et d'ailleurs le bureau est souvent divisé en deux : *bureau de préparation* (*planning department*), chargé de déterminer par quels procédés et dans quel temps le travail devra être fait, et *bureau d'ordonnance-*

ment, chargé de déterminer quand et par qui le travail sera exécuté.

2° Le *service* ou *bureau d'exécution*, qui surveille directement les ouvriers chargés du travail. Ce service est, en outre, responsable de la discipline et de l'entretien de l'outillage.

3° Le *service de contrôle* de la bonne exécution des pièces en cours de fabrication et après achèvement.

4° Le *service de comptabilité*.

Nous allons passer en revue ces différents services.

BUREAU DES FABRICATIONS

SERVICE DE PRÉPARATION

2. **Utilité de ce service.** — Le service de préparation constitue l'organe essentiel du système Taylor. Il doit jouer à l'égard des procédés d'exécution matérielle des pièces le même rôle que la salle de dessin pour la détermination de leur tracé.

L'utilité d'une salle de dessin, où l'on étudie les moindres détails d'exécution d'une pièce, n'est pas apparue aux premiers constructeurs mécaniciens. Pendant longtemps on s'est contenté de mettre sur le papier les tracés essentiels des pièces de machines, en laissant à l'initiative de l'ouvrier la détermination des derniers détails. Par exemple la position des boulons de fixation était laissée en suspens jusqu'au moment de percer leurs logements. Dans la construction navale, il a été longtemps de règle de n'exécuter que des schémas de la tuyauterie, le tracé exact des tuyaux étant déterminé sur place par le personnel chargé du montage de cette partie de la construction.

Ces errements sont maintenant abandonnés. On a reconnu que cette indétermination obligeait les services d'exécution à des hésitations et à des pertes de temps

qui arrêtaient le travail de toute une équipe, tandis que le tracé, exécuté à l'avance sur papier, dans le calme d'une salle de dessin et par un seul dessinateur, coûte bien moins cher.

L'organisation du bureau de préparation complète la réforme commencée par l'adoption des salles de dessin. Pourquoi s'en tenir à la détermination des formes des pièces et ne pas aller jusqu'au bout du travail de prévision, c'est-à-dire fixer les procédés par lesquels ces pièces seront usinées ? Les arguments favorables à cette nouvelle manière de faire sont les mêmes que ceux qui justifient l'existence de la salle de dessin.

Pour la construction des machines par exemple, la détermination des meilleures conditions d'usinage est un problème très difficile, tout autant que bien des calculs de résistance des matériaux. Sa solution nécessite des opérations numériques, l'emploi d'une règle à calcul spéciale, toutes circonstances qui exigent des mains propres, tandis que celles du tourneur sont imprégnées d'huile. De plus l'exécution rapide de ces calculs demande une grande habitude et cet entraînement spécial serait difficilement acquis par bien des travailleurs manuels. Il est d'ailleurs tout à fait inutile que tous l'acquièrent, parce qu'un seul employé du bureau de préparation peut régler le travail d'un grand nombre d'ouvriers.

Il est donc tout à fait normal que l'on confie à un spécialiste le soin de déterminer les conditions absolument précises de l'exécution des pièces ; il devra en particulier fixer les types des machines-outils qui devront être employées, et, pour chaque machine-outil, les conditions caractéristiques de chaque passe. Pour un travail de tour par exemple, le bureau de préparation indiquera le nombre des passes, et pour chacune de celles-ci, la vitesse de rotation du tour, le serrage, l'avance. Ces

déterminations suffiront en général dans un atelier de mécanique générale, tel qu'un atelier de construction de machines motrices de navires, parce que les travaux s'y font rarement en grande série et qu'ils n'utilisent que les machines-outils régulières avec l'outillage fourni par le constructeur de ces dernières.

S'il s'agit au contraire d'une fabrication mécanique en grande série, comme la construction d'automobiles, celle de canons de campagne, d'armes portatives où chaque pièce est reproduite à des centaines ou à des milliers d'exemplaires, le rôle du bureau de préparation sera beaucoup plus important encore ; il devra étudier l'adaptation des machines-outils de l'atelier à ces travaux spéciaux par l'adjonction de montages. Ces derniers sont des pièces de forme particulière fixées aux machines et disposées pour saisir la pièce en usinage de façon à la présenter aux outils dans la position voulue pour que ceux-ci exécutent leur travail sans aucun réglage ni tâtonnement.

Une semblable étude exige l'intervention de dessinateurs. Ceux-ci ne se contentent pas d'établir des dessins d'exécution des montages, du moins pour les séries importantes. Pour celles-ci, le bureau de fabrication rédige de véritables notices indiquant minutieusement les opérations à faire. Ces notices sont illustrées par des croquis, souvent perspectifs, montrant la pièce à ses divers états d'avancement, ainsi que la façon de l'adapter à ses différents montages. De pareilles notices ne peuvent pas être rédigées pour les pièces de machines construites en petites séries, parce que leurs frais d'établissement dépasseraient l'économie obtenue sur l'exécution ; mais alors la fabrication des pièces ne peut être confiée qu'à des ouvriers qualifiés capables de lire un plan et d'utiliser les indications sommaires d'une fiche de fabrication. Au contraire les notices de fabrication détaillées

permettent de confier à des manœuvres spécialisés la fabrication des grandes séries. C'est par des procédés de ce genre qu'il a été possible de confier à des femmes l'usinage d'une grande partie des obus pendant la dernière guerre.

En même temps que le mode d'exécution des travaux, le bureau de fabrication détermine leur durée. Il utilise à cet effet les renseignements que lui fournissent l'employé ou le service des temps qui font partie du bureau de fabrication. Nous étudierons au chapitre suivant les procédés utilisés à cet effet. La fiche ou la notice de fabrication portent donc l'indication du temps normal de toutes les opérations qu'elles comprennent.

On voit que les attributions de la section de préparation du bureau de fabrication sont essentiellement techniques. La direction doit en être confiée à un chef de groupe et à des aides parfaitement au courant du travail, ayant dans leur spécialité la même instruction professionnelle que les dessinateurs, par exemple. Ce service ne doit donc pas être confié à de simples employés aux écritures, erreur qui a été parfois commise. En réalité le rédacteur d'une fiche de fabrication exécute dans son imagination la pièce dont il décrit l'usinage. S'il n'est pas absolument indispensable qu'il soit capable de remplacer l'ouvrier qui la fabriquera effectivement, car la force physique ou même une certaine habileté manuelle peuvent lui faire défaut, du moins une connaissance théorique parfaite des opérations lui est nécessaire. Le plus souvent on prendra pour les affecter au bureau de fabrication les meilleurs ouvriers de l'atelier, pourvu qu'ils joignent à une grande capacité professionnelle les quelques connaissances théoriques qui leur seront nécessaires, notamment l'arithmétique, le dessin. Si le bureau de fabrication doit rédiger des notices détaillées, une instruction un peu plus complète pourra même être indispensable.

Que l'on n'objecte pas qu'il est fâcheux de distraire du travail manuel un bon spécialiste. En réalité, du bureau de fabrication il pourra diriger un grand nombre d'ouvriers moins habiles que lui et les faire profiter de son expérience. Ce ne sera pas seulement la machine-outil à laquelle il serait affecté s'il travaillait à l'atelier qui fonctionnera au rendement maximum, ce seront celles de tous les ouvriers qui suivent ses instructions. On voit combien est mal fondée l'objection qui est souvent faite au système Taylor et qui consiste à dire qu'en donnant aux ouvriers des instructions impératives sur la façon de faire le travail on se prive des procédés de travail avantageux que les ouvriers sont capables d'inventer. Il appartient au patron de découvrir parmi ses ouvriers ceux qui sont capables de pareilles initiatives et de les mettre au bureau de fabrication, de façon à faire profiter de leur imagination féconde la totalité de son établissement.

SERVICE D'ORDONNANCEMENT

3. — Le service d'ordonnancement reçoit du service de préparation les renseignements qui lui indiquent par quels procédés et moyennant quelle dépense de main-d'œuvre le travail devra être exécuté. Le type et le modèle des machines-outils sur lesquelles les diverses opérations devront se dérouler a même été indiqué. Au service d'ordonnancement appartient de décider :

1° Comment l'atelier se procurera les matières nécessaires.

2° A quel moment la fabrication devra être mise en mains et lesquels des ouvriers affectés à des machines du type prévu par la fiche de fabrication devront l'entreprendre.

Le service d'ordonnancement devra également veiller à ce que le travail soit accompli dans les conditions

requis, il devra s'occuper de la discipline de l'atelier et de l'entretien de l'outillage.

Ces attributions sont étendues : elles exigent la division de la besogne entre plusieurs spécialistes.

4. Réunion des matériaux. — Il est d'usage courant que la salle de dessin fasse figurer sur tous ses tracés ou y joigne une liste des matériaux nécessaires pour l'exécution. L'employé spécial du bureau d'ordonnement devra décider par quels moyens seront approvisionnées les matières correspondant à la commande dont il s'agit.

Il est nécessaire que cet employé ait à sa disposition la liste complète et constamment tenue à jour de tout le matériel en magasin afin qu'il puisse déterminer à lui seul lesquelles des matières sont immédiatement disponibles. Il établira donc les bons au vu desquels le magasinier délivrera les matières. Si celles-ci n'existent pas en magasin, ou pour toute autre raison, le même employé décidera si elles devront être achetées à l'extérieur ou fabriquées par un atelier spécial de l'établissement (s'il s'agit par exemple d'une pièce brute de coulé ou de forge pour un établissement qui possède une fonderie ou un atelier de forge). Si on doit commander à l'extérieur, il mettra en action le service d'achat, qui est généralement confié à un personnel spécial. Si on doit commander à un atelier appartenant à l'établissement, il provoquera la rédaction par le bureau de préparation des instructions nécessaires pour l'exécution des pièces brutes.

Le même employé sera chargé de provoquer des achats ou des commandes aux ateliers pour le maintien en magasin d'un approvisionnement convenable de matières premières, d'objets bruts ou de pièces d'emploi courant. Bien entendu, cet employé, de rang assez subal-

terne, n'établira en matières de commandes aux ateliers ou à l'extérieur que des propositions qui ne seront exécutoires qu'après avoir reçu l'approbation d'une personne qualifiée.

La charge que nous venons d'indiquer est lourde et dès que l'usine aura une certaine importance elle devra être répartie entre plusieurs employés ; certains objecteront qu'on grève ainsi l'usine de frais généraux importants.

Mais en réalité, tout le travail que font ces employés du service approvisionnements du bureau des fabrications doit être accompli par l'un ou par l'autre, quelle que soit l'organisation à laquelle on s'arrête finalement.

Dans les systèmes d'organisation routinière, le dessin et sa liste de matériaux vont jusqu'au chef d'atelier ou même jusqu'au chef d'équipe sans que personne se soit préoccupé de réunir les matières nécessaires à la fabrication. Souvent le chef d'équipe se rend en personne au magasin pour s'assurer que les matériaux sont disponibles, parfois même pour établir les pièces comptables nécessaires à leur délivrance. On ne saurait contester qu'il est plus avantageux de dispenser de cette besogne accessoire pour laquelle il n'est pas fait, le chef d'équipe qui est généralement un spécialiste à salaire élevé, et de la faire exécuter dans le bureau de fabrication par un employé à salaire inférieur.

5. Désignation des ouvriers chargés du travail. —

De même que le bureau des fabrications doit être constamment au courant des disponibilités de l'usine en matières premières, de même il doit être parfaitement au courant de ses disponibilités en main-d'œuvre.

Le procédé couramment employé à cet effet est d'établir sur un panneau un tableau de tous les ouvriers avec pour chacun d'eux trois clous plantés dans le panneau.

Au premier de ces clous est accrochée une fiche sur laquelle est inscrite la désignation du travail en cours. Au second clou on accroche les fiches analogues correspondant aux travaux pour lesquels toutes les pièces brutes ont été amenées à portée de l'ouvrier et au troisième les fiches qui correspondent aux travaux dont toutes les matières premières ne sont pas encore réunies.

Il est extrêmement facile de se rendre compte de cette manière du degré d'occupation des ouvriers.

Un autre procédé qui est généralement employé concurremment avec le précédent consiste à établir, chaque quinzaine par exemple un état contenant autant de colonnes qu'il y a d'ouvriers et de lignes qu'il y a de jours ouvrables dans la quinzaine. Chaque fois que l'employé du service d'exécution décide qu'un travail sera exécuté par un ouvrier déterminé, il porte dans la colonne correspondante un numéro de repère particulier à ce travail, en face des jours pendant lesquels il prévoit que ce travail sera fait, et pour mieux préciser, il marque sur un bord de la colonne un trait vertical de crayon de couleur dont la longueur indique le nombre de jours que durera le travail. Les temps portés aux fiches de fabrication permettent de faire cette prévision avec certitude, soit qu'on adopte le temps de base figurant aux fiches, soit plutôt que l'on escompte une légère réduction de ce temps correspondant au boni normal de l'ouvrier.

A mesure que le travail s'avance, l'employé du service d'exécution borde d'un trait d'une autre couleur, rouge par exemple, l'autre côté de la colonne. La position de l'extrémité du trait rouge indique immédiatement l'avance ou le retard sur les prévisions ; de plus, un simple coup d'œil permet de vérifier que tous les ouvriers ont devant eux une besogne suffisante pour les occuper pendant une période raisonnable.

Toutes les opérations que nous venons de décrire

n'exigent aucune compétence spéciale. Ce travail pourra donc être confié à un employé relativement peu payé. La bonne organisation aura ainsi permis de débarrasser d'une besogne astreignante le personnel technique à haut salaire de l'atelier. Ce personnel pourra être réduit, ou plutôt, il aura plus de temps pour s'occuper de celles de ses attributions ordinaires qui exigent des connaissances spéciales.

SERVICE D'EXÉCUTION

6. Attributions. — Le service d'exécution, débarrassé de toute sa besogne administrative, porte tous ses efforts sur la surveillance de l'exécution du travail dans les conditions prévues par les fiches de fabrication.

Il veille à la discipline et à l'entretien de l'outillage.

7. Outillage. — La question de l'outillage est une des plus importantes. Jusqu'à une époque relativement récente, il était usuel de laisser à chaque tourneur, par exemple, le soin de déterminer la forme des outils. C'est ainsi qu'à beaucoup d'ateliers d'usinage était annexée une petite forge où chaque tourneur allait s'entendre avec le forgeron sur la forme à donner aux outils.

Les conducteurs de machines-outils recevaient ainsi bruts de forge les outils des mains des forgerons ; ils les amenaient à la forme définitive par affûtage sur une meule banale existant dans l'atelier, ravivaient sur la même meule leur tranchant quand il était émoussé ou les portaient eux-mêmes au forgeron pour les réparations importantes, à la suite d'une rupture par exemple.

Les ingénieurs et les contremaîtres se désintéressaient donc complètement de la forme donnée aux outils.

En 1898, White et Taylor découvraient le traitement thermique qui convient à l'acier rapide au tungstène, traitement absolument différent de celui qui convenait

à l'acier au carbone. L'emploi des nouveaux aciers se répandit rapidement ; mais pour profiter de tous leurs avantages, les ingénieurs des usines eurent à s'occuper de la fabrication des outils. Leur attention se trouvant ainsi appelée sur un point jusqu'alors négligé, une amélioration notable de la technique en résulta : on se préoccupa un peu partout d'établir des formes rationnelles pour les principaux outils de machines. Chaque atelier se créa ainsi un approvisionnement d'outils types, confectionnés non plus suivant la fantaisie des ouvriers, mais d'après des considérations logiques. On distingua d'abord les outils d'emploi exceptionnel qui sont déposés au magasin d'outillage de l'atelier, où les ouvriers peuvent les prendre sur bons, des outils d'emploi courant dont chaque ouvrier prend en charge un certain nombre. On fut naturellement conduit à étudier l'unification des types et la réduction de leur nombre.

Cette étude ne va pas sans quelque difficulté. Il est rare qu'un même outil puisse s'adapter à toutes les machines-outils d'un atelier. Deux tours de même hauteur de pointes, mais de constructeurs différents, par exemple, peuvent avoir des porte-outils très différents. Les mêmes outils peuvent donc ne pas s'adapter à des machines équivalentes.

D'autre part, une grosse difficulté provient de la question de l'affûtage. Avec l'ancienne organisation, l'ouvrier, qui avait commandé au forgeron un outil brut de forge, l'affûtait lui-même suivant les données de son expérience ou plutôt d'après ses idées préconçues.

Les expériences de Taylor sur la taille des métaux ont montré l'importance d'employer des outils de forme bien déterminée, avec des angles tranchants et d'attaque appropriés à la matière à couper. Pour tirer profit de ces expériences, il est nécessaire d'affûter les outils suivant les formes et les angles reconnus les meilleurs. Ce travail

exige l'emploi de calibres, ou mieux de machines spéciales dans lesquelles l'outil à affûter est maintenu et présenté à la meule avec l'orientation voulue pour obtenir la forme convenable. L'emploi de cet outillage, qui ne peut être mis à la disposition de tous les ouvriers, exige la centralisation de l'affûtage des outils neufs.

La création de ces ateliers d'affûtage n'a d'ailleurs pas rencontré beaucoup de difficulté. Il a été facile de démontrer aux ouvriers par des expériences directes que les outils standardisés étaient égaux et le plus souvent très supérieurs à ceux dont ils avaient l'habitude.

Un problème plus difficile à résoudre est de savoir s'il convient de laisser aux conducteurs des machines-outils le soin d'entretenir l'affûtage de leurs outils.

Taylor répond nettement par la négative. Donner à un ouvrier le soin d'affûter ses outils, c'est lui confier une tâche en dehors de ses occupations normales ; pendant qu'il s'y consacre, la machine à laquelle il est normalement affecté ne produit pas. De plus la meule banale peut être utilisée par un autre au moment où l'ouvrier s'y rend. De cette manière, un ouvrier spécialiste à haut salaire consacre une partie de son temps à transporter son outil jusqu'à la meule, et parfois à attendre son tour. La logique veut que l'ouvrier à salaire élevé dont l'outil est émoussé en trouve immédiatement un autre à sa portée pour continuer à faire fonctionner la machine à laquelle il est affecté. Un manœuvre à salaire réduit apporte l'outil émoussé à un autre spécialiste chargé de l'affûtage. Ce dernier qui utilise un outillage plus perfectionné que les meules habituellement réparties dans l'atelier, et qui ne fait que cette besogne, l'exécute mieux et plus vite que le tourneur. Un manœuvre rapporte auprès de la machine l'outil affûté.

Cette conception de Taylor, qui paraît entièrement conforme à la logique, rencontre de la part des patrons

et des ouvriers une certaine opposition. Pour que le système fonctionne, il est nécessaire d'augmenter beaucoup le nombre des outils affectés à chaque machine. Taylor conseille en effet de régler les conditions de coupe dans le travail des pièces de manière que l'outil puisse fonctionner pendant une durée qui varie avec la matière traitée et les dimensions de l'outil, mais qui est de l'ordre d'une heure. On voit donc que le tourneur devrait changer d'outil à peu près toutes les heures. Le transport des outils émoussés s'effectue par des manœuvres qui ne font qu'un nombre limité de tournées par séance de travail. L'ouvrier affûteur doit grouper les outils qu'il reçoit par séries d'outils identiques. Dans ces conditions, il est difficile qu'un outil donné à affûter par un ouvrier lui soit rendu avant le lendemain. Or, l'opération de ravivage du tranchant peut souvent être accomplie en quelques secondes par l'ouvrier lui-même. C'est donc pour un très faible bénéfice sur le temps de travail de l'ouvrier tourneur que l'on est conduit à multiplier par cinq ou six au moins le nombre des outils nécessaires au fonctionnement de l'atelier. Or, le prix des aciers rapides est très élevé et l'intérêt du capital investi dans le petit outillage n'est pas négligeable. Si un outil travaille une heure et est ensuite indisponible toute une journée pendant qu'on l'envoie à l'affûtage et qu'il en revient, ce capital ne produit que pendant le dixième du temps de fonctionnement de l'usine.

Enfin les aciers à outils sont en progrès presque continu. Si l'on multiplie par trop le nombre des outils de même espèce, leur remplacement par des outils meilleurs devient extrêmement onéreux.

On arrive ainsi à une solution intermédiaire entre l'ancienne routine et la solution radicale de Taylor. Les outils sont standardisés et pour réduire le nombre de types, les machines de l'atelier subissent les modifica-

tions nécessaires pour que les outils de même nature et de même grosseur qu'elles emploient soient identiques.

Les outils sont confectionnés sur les commandes du magasin d'outillage de l'atelier. Ils sont forgés et reçoivent leur premier affûtage par séries. Les ouvriers prennent en charge un petit nombre des outils d'emploi le plus courant ; ils entretiennent ces outils tant que l'opération se borne à un léger passage sur la meule pour raviver le tranchant. Quand l'outil est sérieusement détérioré, ils l'échangent au magasin d'outillage contre un outil remis à neuf. Le magasin d'outillage fait affûter, ou même reforger et affûter les outils détériorés qu'il reçoit par des ouvriers spécialisés dans cette besogne.

8. Entretien des machines-outils. — Le but de l'organisation scientifique des ateliers est de déterminer la production maximum dont est capable l'outillage et de faire en sorte que cette production soit atteinte à tout moment. On ne peut y arriver que si les machines-outils sont maintenues dans un état d'entretien parfait. Ce résultat ne s'obtient pas aisément. Quel est l'ingénieur qui, voulant essayer une nouvelle marque d'acier à outil, n'a pas été obligé avant tout essai de faire retendre la courroie du tour ou de faire remettre en état le dispositif d'arrosage ?

Un fonctionnement parfait des machines-outils ne peut s'obtenir que par une surveillance constante et des visites périodiques. Les proportions des machines doivent naturellement être telles qu'elles permettent de tirer tout le parti possible des aciers rapides. Les portages doivent être largement calculés et les porte-outils robustes pour supporter sans vibrations ni usure excessive les grands efforts qu'entraîne l'emploi de ces aciers. Il faut surtout que les gradins du cône de com-

mande aient une largeur suffisante pour permettre la transmission par une courroie de la puissance que peut utiliser l'outil.

Les tours de construction récente satisfont généralement à la dernière condition ; mais il est nécessaire de retendre périodiquement les courroies pour éviter qu'elles ne glissent.

Taylor a d'ailleurs publié en 1893 le résultat de plus de dix années d'études sur cette question. Il y montre que si l'on recherche l'économie maximum, on doit tenir compte non seulement du prix d'achat des courroies et de leur durée, mais encore du nombre des arrêts qu'elles occasionneront aux machines et de la main-d'œuvre qui sera nécessaire pour les entretenir, notamment pour les retendre périodiquement.

Son expérience lui permet de prévoir une période minimum de fonctionnement pendant laquelle la courroie n'a pas besoin d'être retendue. Cette période écoulée, il conseille de ne pas attendre que le fonctionnement devienne mauvais, mais de faire visiter et retendre d'office la courroie par un ouvrier spécialiste, en dehors des heures régulières de travail, bien entendu.

Cette méthode préventive doit être générale : on ne doit pas attendre qu'une avarie se soit produite pour visiter les machines. Une équipe spéciale doit être chargée de cette visite et l'effectuer par roulement pour tout l'atelier. Ainsi les pièces sujettes à usure, comme les balais en charbon des moteurs électriques, devront être visitées et changées avant qu'elles arrivent à usure complète.

SERVICE DE CONTRÔLE

9. Attributions. — Il est nécessaire que tout objet fabriqué dans une usine soit soumis à un contrôle. Il

est même parfois avantageux, notamment dans le cas d'une fabrication délicate, de faire contrôler les pièces en cours de fabrication pour éviter, en cas d'erreur, des frais d'usinage inutiles.

Ce contrôle doit être confié à un personnel spécial indépendant.

Parfois le contrôle constitue une opération assez laborieuse qui exige une notable dépense de main-d'œuvre. On le confie alors à des ouvriers, généralement payés selon un système de salaire comportant des primes. Il devient nécessaire de contrôler les opérations de ces ouvriers. On y réussit, soit en faisant vérifier des lots de pièces comprenant un nombre connu de mauvaises pièces mélangées à de bonnes et présentées de manière à ne pouvoir être distingués des lots normaux, soit en faisant contrôler deux fois un certain nombre de lots.

Des amendes doivent être infligées aux contrôleurs dont les opérations auront été reconnues fautives.

COMPTABILITÉ

10. — Il sortirait du cadre du présent ouvrage de décrire complètement la comptabilité d'un grand établissement industriel.

Cette comptabilité doit permettre d'établir le prix de revient de toute pièce fabriquée ; elle doit également fournir les éléments nécessaires pour l'établissement d'un devis ainsi que la comparaison entre les prévisions des devis antérieurs et des prix réels d'exécution.

Nous montrerons au chapitre V (p. 118 : Application du système Taylor à diverses industries) que le travail effectué dans un bureau de comptabilité est un travail de série comme un autre et que, par une étude scientifique des opérations, on peut réduire le travail matériel de la comptabilité et diminuer l'importance du personnel qui y est affecté.

ORGANISATION GÉNÉRALE DU SERVICE

11. Nécessité de pièces écrites. — La répartition des attributions du chef d'atelier entre plusieurs services distincts éparpille les responsabilités. Il est donc nécessaire qu'une trace reste de l'intervention de chaque rouage sous la forme d'une pièce écrite qui sera ensuite conservée dans les archives aussi longtemps qu'elle pourra être utile. Pour faciliter ce travail d'écriture qui est considérable, on observera les principes suivants :

Toutes les pièces seront établies sur des imprimés, d'un modèle particulier pour chaque opération, et rédigés de manière que l'employé n'ait qu'à remplir des blancs. Ces imprimés devront se distinguer nettement par la couleur et par la force du papier. Les pièces destinées à circuler dans les ateliers seront sur papier fort, ou même sur carton, pour offrir plus de résistance.

Outre les indications strictement nécessaires à l'objet particulier de chaque document, on y portera des repères permettant de retrouver facilement la commande et le compte d'ouvrage auxquels ressortit l'article figurant sur ce document.

Enfin on s'efforcera d'avoir une rédaction identique pour des documents différents, de manière à pouvoir les obtenir par report sur des imprimés différents d'un même cliché sur gélatine. L'exécution de ce tirage est généralement confiée à un jeune garçon, comme d'ailleurs doivent l'être toutes les opérations n'exigeant ni compétence spéciale, ni grande attention, telles que les transports de documents d'un service à l'autre.

De même que toutes les transmissions de service à service doivent se faire par écrit, de même toute pièce ou lot de pièces semblables en fabrication doit être étiqueté de manière à éviter toute perte et toute erreur de destination.

Enfin, certaines opérations doivent se faire à jour fixe ; par exemple, la visite des machines-outils, la mesure de la tension de leurs courroies doivent se faire à intervalles réguliers. A cet effet, chaque opération de ce genre donne lieu à la rédaction d'une fiche qui est remise à un employé spécial. Celui-ci est chargé d'un classeur ayant une case pour chaque jour de l'année. Son rôle est d'y classer les fiches précédentes et de les renvoyer le moment venu à l'intéressé pour lui rappeler l'opération à laquelle il doit procéder. On évite ainsi les oublis et on facilite également le contrôle des opérations de chacun.

Nous donnons (1) ci-après quelques exemples de rédaction des imprimés employés par une grande firme américaine qui a été organisée par Taylor lui-même et qui est restée fidèle aux dispositions qu'il avait instituées. Nous nous contenterons d'indiquer les principaux d'entre eux, sans entrer dans une énumération complète qui deviendrait rapidement fastidieuse.

12. — Supposons que la maison ait reçu d'un de ses clients une commande pour une des pièces mécaniques de sa fabrication. Notons que l'usine en question, tout en étant spécialisée, construit une telle variété d'articles qu'il n'est pas possible de les exécuter en grandes séries, et, qu'à ce point de vue, elle se rapproche d'un atelier de construction de machines motrices à vapeur par exemple.

Cette commande est transcrite en double sur un imprimé, où l'on porte en plus de la désignation des pièces, du nom du client, du prix, de la date à laquelle elle est exigible, un numéro de repère qui permet de la désigner sans ambiguïté. Un exemplaire est classé au bureau de dessin.

(1) Les exemples ci-après sont tirés de l'article du lieutenant Sterling cité à la bibliographie.

Celui-ci établit s'il y a lieu les tracés d'exécution des pièces commandées, il en fait tirer des reproductions héliographiques et il dresse dans tous les cas la minute de la liste des matériaux sur un imprimé *ad hoc* (fig. 1). Ces pièces sont expédiées au bureau des fabrications où la liste des matériaux est immédiatement recopiée à l'encre hectographique sur un imprimé identique au précédent, mais tiré sur un papier couché d'une qualité convenable pour une bonne reproduction.

L'employé des approvisionnements complète l'avant-dernière colonne du bordereau par une indication conventionnelle telle que les suivantes :

- S Matière brute à prendre en magasin.
- W Objet fabriqué à prendre en magasin.
- F A faire fondre.
- P A commander.
- Y A exécuter sur commande Y.

Cette usine désigne sous le nom de commande Y des ordres de fabrication adressés aux ateliers non pas comme suite à des commandes de clients, mais en vue de créer en magasin un stock de pièces confectionnées. Une procédure spéciale est instituée pour ces commandes afin d'éviter les abus : elles doivent en particulier être approuvées par le directeur de l'usine.

L'employé des approvisionnements transmet le bordereau à l'employé de l'ordonnancement proprement dit qui remplit la dernière colonne, laquelle donne la destination à donner aux matières par des indications conventionnelles telles que les suivantes :

- D M Atelier des machines.
- D W Forge.
- D P Atelier des modèles.
- C W Salle d'expédition.
- D Envoi direct au client.

Cette pièce est immédiatement envoyée au bureau

des achats, lequel établit en six expéditions de couleurs différentes les bons de commande des matières marquées P dans l'avant-dernière colonne. Ces six exemplaires ont la destination ci-après :

L'original est conservé par l'agent qui fait la commande. Deux copies sont classées au bureau des achats, l'une d'après son numéro, l'autre d'après l'ordre alphabétique de l'article commandé. Une copie va à la salle de réception des matières. Une copie à l'employé du service approvisionnement du bureau de fabrication.

Une copie à la comptabilité.

Enfin, la sixième copie, intitulée *Rappel* (1) et reproduite sur un imprimé spécial, est adressée à l'employé chargé de signaler les affaires en retard. Ce dernier la classe dans un meuble à casiers, de manière à pouvoir, comme nous l'avons dit, rappeler chaque jour à chacun ce qu'il doit exécuter ce jour-là. Dans le cas présent cet employé avise au jour prévu pour la livraison l'employé du bureau des achats qui vérifie que la livraison a bien eu lieu et dans la négative relance le fournisseur.

Le bureau des achats indique les numéros des commandes sur la liste des matériaux, laquelle se trouve ainsi complète et peut être retournée au bureau de fabrication. Là, elle est reproduite à un grand nombre d'exemplaires qui sont remis aux divers employés intéressés à la préparation du travail, à son exécution ou à son contrôle.

L'employé de l'ordonnancement établit alors une série de *fiches suiveuses* de travail. La figure 2 donne le modèle adopté par Taylor. Cette fiche permet de suivre la fabrication de cinq des articles figurant à la liste des matières. Pour chaque objet, désigné sommairement, on indique par un signe conventionnel les diverses opé-

(1) En anglais *Tickler*.

Fiche suiveuse de travail				Date d'expédition		Commarde N°		Feuille N°			
N° de pièces		Repère		N° de pièces		Repère		N° de pièces		Repère	
1		A 255		1		A 245		1		A 234	
Compte N°				Compte N°				Compte N°			
Designation Arbre 2 1/2" x 5' 10"				Designation Arbre 2 1/2" x 5' 9 1/2"				Designation 13 51 Engrenages coniques			
Matériaux reçus				Matériaux reçus				Matériaux reçus			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	C			1	C			1	G		
2	I			2	M			2	B		
3	CW			3	CP-Pt			3	K		
4				4	A			4	SS		
5				5	I			5	K4		
6				6	CW			6	I		
7				7				7	CW		
8				8				8	I		
9				9				9	CW		
10				10				10			
11				11				11			
12				12				12			

FIG. 2. FICHE SUIVEUSE DE TAYLOR.

rations que comporte la fabrication. Sur l'exemple représenté, l'article A 235 est un arbre simple de 2 pouces $1/16$ de diamètre sur 3 pieds 10 pouces de longueur. Les opérations indiquées sont :

- C Couper de longueur sur un tour.
- I Contrôler.
- CW Transporter à la salle d'expédition.

L'article A 239 est une roue à rochet définie par un numéro de série (103). Les opérations prévues sont :

- G Fraiser les dents.
 - B Aléser au tour 12 L.
 - SS Mettre la vis de serrage à l'établi 17 D.
- Et ainsi de suite.

On voit que dès l'établissement de ce document, le bureau de préparation indique quelles seront les diverses opérations exécutées et par qui elles le seront.

Les dates placées en regard de chaque opération sont celles auxquelles les opérations sont terminées ; nous indiquerons bientôt comment l'employé de l'ordonnancement est prévenu immédiatement de l'achèvement de chacune de ces opérations.

En même temps qu'il porte cette date, l'employé borde la colonne de la fiche suiveuse d'un gros trait de crayon de couleur qui permet de voir d'un coup d'œil l'état d'avancement des travaux en cours.

L'employé de l'ordonnancement établit alors à l'encre hectographique une fiche-mère de fabrication pour chacun des articles figurant aux documents précédents. La figure 3 représente la fiche-mère correspondant à la fabrication d'un arbre de 2 pouces $7/16$ de diamètre et de 3 pieds 9 pouces $1/2$ de longueur. Cet arbre est muni de 2 clavetages (KS) de 6 pouces de longueur, l'un à une extrémité de l'arbre, l'autre à 16 pouces $7/8$ de l'autre extrémité, avec un intervalle de 16 pouces $5/8$ entre les

deux clavetages. (Un croquis non reproduit, et d'ailleurs très simple, est remis à l'ouvrier chargé d'exécuter les clavetages pour éviter toute erreur.)

La fiche porte sous les chiffres 1, 2... l'indication sym-

W 3249				
Commande N° W 3249	Feuille N° 18	Repara A 245	Dessin N° P 27532	Modèle N°
N° de pièces commandées 1	Lot			
<p>Arbre 2 7/16" x 3' 9 1/2" KS 6" PL 16 5/8" KS 6" PL 16 7/8"</p> <p>W 3249 CD</p> <p>S</p> <p>...1...2...3...4...5...6... ...C...M...CPPT...A...I...CW... 14L 4M KY KY</p>				

FIG 3

FICHE-MÈRE DE FABRICATION.

bolique des diverses opérations et au-dessous, l'indication de la machine qui doit les accomplir. Ces opérations sont les suivantes :

1. C Couper de longueur sur le tour 14 L.
2. M Fraiser les logements des clavettes sous la fraiseuse 4 M.

3. C P F T Ajustage des clavettes à l'établ Ky.
4. A Montage d'autres pièces au même établ Ky.
5. I Vérification.
6. C W Transport à la salle d'expédition.

Au moyen de cette pièce on établit un cliché sur gélatine qui permet pour chaque article de tirer :

Une étiquette suiveuse ;

Un bon de délivrance des matières ;

et pour chaque opération :

Une fiche de fabrication ;

Une fiche d'atelier ;

Une fiche de transport.


	Commande N° W 3249	Feuille N° 18	Repere A 245	Dessin N° P 27532	Modele N°	
	Partie pieces commandées	Lot				
	<p><i>Arbre 2 7/16" x 3' 9 1/2" KS 6" PL</i> <i>16 5/8" KS 6" PL 16 7/8"</i></p> <p style="text-align: right;">W 3249 C D.</p> <p>...1.....2.....3.....4.....5.....6.....³ .C.....M.....CPPT.....A.....I.....CW.. 4hL hM KY KY</p>					

FIG. 4.

ÉTIQUETTE SUIVEUSE.

Soit dans le cas de l'arbre ci-dessus, 20 pièces différentes dont nous allons expliquer l'usage.

L'étiquette suiveuse (fig. 4) ne porte que les indications reproduites par la gélatine. Elle est destinée à être attachée à la pièce et à l'accompagner dans tous ses déplacements afin d'en permettre l'identification immédiate.

Le bon de délivrance du magasin (fig. 5) est un imprimé qui porte en plus des cases destinées aux indications de la fiche originale, d'autres blancs à remplir par le magasinier au moment de la délivrance des matières

				Compte N°	
				W 3249	
Commande N°		Feuille N°	Repere	Dessin N°	Modele N°
W 3249		48	A 245	P 27532	
N° de pieces commandées	Lot	Marchandises délivrées			
1					
<p>Arbre 2 7/16" x 3' 9 1/2" KS 6" PL</p> <p>16 5/8" KS 6" PL 6 7/8"</p> <p>W 3249 C D</p> <p>...1... 2... 3... 4... 5... 6... ...C... M... CPPT... A... 1... CW... 14L 4M KY KY</p>					
Date d'établissement		Quantité		Prix par unité	Valeur totale
		Pièces Poids Livres		Pièce Poids livre	
Signature	Feuille de magasin	Feuille de prix de revient	Comman de	Etabli par	
				Délivré à	

FIG. 5.

BON DE DÉLIVRANCE DU MAGASIN.

brutes. Le bon ainsi complété est envoyé à la comptabilité en vue de l'établissement du prix de revient.

La fiche de fabrication (fig. 6 et 7) doit être remise à l'ouvrier chargé de l'opération à laquelle elle correspond. Elle porte au recto en plus des blancs dans lesquels

viendront par tirage les indications de la fiche-mère, des cases où seront portés les renseignements indispensables à la comptabilité pour le décompte de la main-d'œuvre dépensée, la fiche devant finalement

Rendue Livree à l'ouvrier		Compte N°			
		W 3249			
Commande N° W 3249		Feuille N° 18	Repere A 245	Dessin N° P 27532	Modele N°
N° des pièces commandées 1	Lot	Machine N°		Opération	

Arbre 2 7/16" x 3" 9 1/2" KS 6" PL
16 5/8" KS 6" PL 16 7/8"

W 3249 C D

1 2 3 4 5 6 S
C M CPT A I CW
JAL KM KY KY

N° de l'ouvrier		Nombre de jours dans la journée	Temps accordé	Temps reel	Prime	Salaire	Somme à payer
Fiche surveuse	Casse du ta- bleau	Feuille de paye	Feuille de prix de revient	Prix de l'heure de la machine	Coût du revient de machine		

FIG. 6.

FICHE DE FABRICATION (recto).

servir au décompte du salaire de l'ouvrier et à l'établissement du prix de revient.

Au verso de la même fiche (fig. 7), figurent les instructions données à l'ouvrier en vue de l'exécution du travail, notamment l'outil qu'il doit prendre, les vitesses de rotation, l'avance et le serrage qu'il doit

adopter. Enfin dans des colonnes *ad hoc* figurent le prix de la pièce ou le temps de base alloué suivant le mode de rémunération adopté (travail aux pièces ou système Halsey).

Les deux autres fiches ont leur recto presque identi-

Travail aux pièces			Travail à la prime			
Taux de base			Pour donner droit à une prime le temps passé ne doit pas excéder		B Calcul de la prime	
Temps ouvrier de pour tarif max	Tarif max	Tarif min	Préparation		Préparation	E Prime (en ^h) si C ne dépasse pas A
					Temps par pièce	
Préparation			Temps par pièce		Total pour le n ^o de pièces finies	Moitie de D
					C Temps passé	
Par pièce			Total pour le n ^o de pièces finies		D Temps gagné	

Observations :

Instructions	Forme d'outil	Prise	Avance	Vitesse de coupe	Temps

FIG. 7.

FICHE DE FABRICATION (verso).

que à celui de la précédente. Nous ne les reproduisons pas. Les trois dernières fiches sont remises à l'atelier. Celui-ci dispose d'un tableau comportant trois clous placés au-dessous du nom de chaque ouvrier. Le clou inférieur correspond aux travaux pour lesquels les

matières ne sont pas encore remises à l'ouvrier ; le clou moyen à ceux pour lesquels les matières sont remises à l'ouvrier ; le supérieur aux travaux en cours. L'atelier répartit donc les fiches entre les clous inférieurs de chacun des intéressés. la fiche correspondant au premier transport est remise à l'équipe des manœuvres. Les autres fiches de transport sont attachées aux fiches correspondant aux opérations qui doivent les précéder immédiatement.

Quand les matières sont arrivées à la première machine, la fiche de transport correspondante est remise au bureau de l'atelier qui remonte d'un étage les fiches de la première opération, puis transmet au bureau de fabrication la fiche de mouvement. L'employé de l'ordonnancement est ainsi prévenu de l'arrivée des matières à pied d'œuvre et il porte la date correspondante sur la fiche suiveuse (fig. 2).

Lorsque l'ouvrier qui doit faire le travail a terminé la pièce qu'il a en mains, il envoie au guichet du bureau d'atelier un jeune garçon de courses pour échanger la fiche de fabrication de la pièce terminée contre la fiche de fabrication de la nouvelle pièce. Au moment où cette fiche lui est remise, l'employé du guichet y porte l'heure au moyen d'un timbre à mouvement d'horlogerie. En même temps il accroche au clou supérieur la fiche d'atelier.

Quand la fiche de fabrication revient au guichet, l'opération une fois terminée, l'heure d'achèvement y est portée de la même façon et la fiche est adressée à la comptabilité. La fiche de transport qui était restée avec la fiche d'atelier est remise aux manœuvres, qui une fois le transport terminé, l'envoient à l'employé de l'ordonnancement. Celui-ci est ainsi avisé de l'achèvement de chaque opération. Il peut donc tenir à jour un tableau à clous identiques à celui de l'atelier.

Le contrôleur, chargé de la cinquième opération, reçoit une fiche spéciale remplaçant la fiche de fabrication normale. Il y porte le résultat de ses vérifications. Cette fiche, que nous ne reproduisons pas, est adressée à la comptabilité, qui tient compte des malfaçons éventuelles pour le calcul du salaire des ouvriers chargés des opérations correspondantes.

Nous ne donnerons pas d'autres détails sur les imprimés en usage dans cette usine. Celle-ci en possède une soixantaine de telle manière que toute opération courante peut être mise en route, suivie, contrôlée et enregistrée sans que personne ait à faire preuve d'autre initiative que de remplir un imprimé. Bien des hésitations et des oublis sont évités de la sorte. Il est inutile de décrire par le menu tous ces imprimés qui ne seraient pas, en général, immédiatement utilisables par une autre usine.

CHAPITRE III

L'ÉTUDE DES TEMPS ET DES PROCÉDÉS DE TRAVAIL

EXEMPLE DE LA TAILLE DES MÉTAUX

1. **Objet du présent chapitre.** — Nous examinerons dans le présent chapitre deux genres d'études distincts mais néanmoins connexes, l'étude des temps et l'étude scientifique des procédés de travail. L'étude des temps est indispensable pour permettre à un patron de se rendre compte de la quantité de travail que lui fournissent ses ouvriers et pour le mettre à même par conséquent de discuter avec eux le montant du salaire convenant à chaque travail. Même si le bénéfice à retirer des études de temps devait se borner à cette connaissance, elles s'imposeraient, car il est nécessaire que le patron, qui achète la marchandise *temps de travail* que lui fournissent ses ouvriers, dispose d'un moyen d'en contrôler la quantité. Or nous avons vu dans l'introduction que le contrôle habituel de la présence des ouvriers et le fait qu'ils paraissent occupés ne donnent pas toute garantie que cette occupation est réellement productive.

Mais par surcroît, le patron se trouve avoir dans la connaissance détaillée des temps nécessaires pour accomplir les différentes phases d'une opération l'élément le

plus commode pour apprécier jusqu'à quel degré les procédés d'usinage sont perfectionnés. L'étude des temps est donc un des éléments essentiels de l'étude scientifique des procédés de travail. C'est pourquoi on peut réunir dans un même chapitre l'examen de ces deux questions.

La part d'originalité qui revient à Taylor dans cette matière est résumée par les deux principes ci-après.

1° Tout travail peut être décomposé en un certain nombre d'opérations élémentaires distinctes ayant chacune une durée normale bien définie. L'étude des temps doit porter sur ces opérations élémentaires, ce qui permet, après un nombre fini de mesures, de déterminer la durée des travaux en nombre infini qui correspondent à des combinaisons de ces opérations élémentaires différentes de celles sur lesquelles ont porté les études.

2° Il n'y a pas de travail, si simple et si habituel qu'il soit, pour lequel une étude scientifique approfondie ne permette des perfectionnements importants et une augmentation de production considérable. Nous commencerons donc par étudier les principes suivant lesquels on doit relever les temps élémentaires d'un travail quelconque, sans nous occuper des améliorations que l'on peut apporter à son accomplissement, puis nous examinerons comment on peut appliquer la méthode scientifique à l'étude des procédés de travail.

RELEVÉ DES TEMPS ÉLÉMENTAIRES

2. Historique. — Il est évident que l'idée de relever par chronométrage direct la durée normale d'un travail n'est pas nouvelle et que l'honneur n'en revient pas à Taylor. C'est ainsi qu'on a pu établir que Vauban a fait à propos de la construction des forts des expériences sur le temps nécessaire pour effectuer un charroi, que Bélidor a étudié la durée des opérations élémentaires néces-

saires pour enfoncer des pilotis. Mais ces exemples d'application des procédés scientifiques à la durée d'exécution normale d'un travail sont restés isolés et c'est bien à Taylor, à ses collaborateurs et à ses continuateurs que nous sommes redevables des progrès considérables faits dans ces dernières années dans cette branche de l'organisation scientifique industrielle.

3. Analyse d'une opération. — Le premier travail consiste à analyser l'opération à étudier et à la décomposer dans le nombre le plus grand possible d'opérations élémentaires. Il y a intérêt à pousser la décomposition aussi loin que possible afin de réunir des matériaux que l'on pourra utiliser plus tard pour déterminer la durée des travaux différents comportant tout ou partie des mêmes opérations élémentaires. On sera ainsi conduit à choisir une unité de temps extrêmement courte. Taylor conseille d'employer le centième de minute, plus commode que la seconde sexagésimale ordinaire.

On est ainsi conduit à mesurer des durées élémentaires qui descendent parfois à quelques centièmes de minute. Voici le procédé préconisé par Taylor. Soient x, y, z, t, u , les cinq durées élémentaires très courtes composant une opération complète.

En mesurant la durée des opérations par trois à la fois par exemple, on pourra écrire les équations :

$$\begin{aligned} x + y + z &= t_1 \\ t + u + x &= t_2 \\ y + z + t &= t_3 \\ u + z + y &= t_4 \\ z + t + u &= t_5 \end{aligned}$$

Ces cinq équations du premier degré permettent de calculer les cinq inconnues, x, y, z, t, u .

Soient n le nombre des opérations, et p le nombre de celles dont on mesure la durée globale. Pour que l'on obtienne par le procédé indiqué un nombre d'équations égal au nombre d'inconnues, il faut que l'on ne retombe sur le groupe de p opérations par lequel on a débuté qu'après n mesures, c'est-à-dire qu'il faut que $p \times n$ soit le premier multiple de n que l'on trouve dans la série des produits de p par les entiers successifs. Il faut donc que p et n soient premiers entre eux.

On voit qu'avec ce procédé la durée de l'opération sera celle de p cycles complets. On a donc intérêt, pour abréger la mesure, à prendre p aussi petit que possible.

On peut se demander si cette manière de faire, préconisée par Taylor (1), donne plus d'exactitude que celle qui consiste à mesurer purement et simplement la durée des opérations elles-mêmes. Quand on bloque ensemble plusieurs opérations de manière à augmenter la durée totale du temps que l'on mesure, l'erreur relative sur cette durée totale est moindre que celle que l'on ferait sur la plus courte des opérations élémentaires que l'on a groupées, mais lorsqu'ensuite on résout le système d'équations analogues à celui que nous avons indiqué, l'influence des erreurs est exactement aussi grande sur chacune des opérations que si nous ne les avions pas groupées.

Ainsi, considérons le cas très simple où il n'y a que deux opérations, l'une longue durant T , l'autre courte durant t . Supposons que nous fassions les mesures de temps avec une erreur possible ε .

La méthode du groupement consistera à mesurer successivement T et $T + t$, et à faire la différence des deux valeurs trouvées. On voit que si nous avons commis l'erreur ε par défaut dans un cas, par excès dans

(1) TAYLOR, III, § 375.

l'autre, il en résultera sur t une erreur égale à 2ε , c'est-à-dire plus grande que si nous avions mesuré t directement.

C'est pourquoi la méthode la plus simple et la plus exacte paraît être la suivante :

L'observateur met en marche au début de sa mesure un chronomètre divisé en secondes, ou, comme l'indique Taylor, en centièmes de minute, et note le moment du commencement de chaque opération élémentaire. La durée de chaque opération est donnée par la différence entre les temps notés pour son commencement et pour celui de la suivante. On voit que si l'erreur possible sur ces temps est ε , elle peut atteindre 2ε sur la durée totale de l'opération. On devra comme nous le dirons s'attacher à faire de nombreux relevés en vue d'établir des moyennes qui réduiront l'importance des erreurs accidentelles.

La méthode ci-dessus ne permet pas de relever la durée d'opérations exigeant moins d'une seconde parce qu'il devient impossible de noter des temps aussi rapprochés.

Il ne semble pas qu'il soit utile de relever des temps aussi courts, quel que soit l'intérêt de rassembler des renseignements aussi détaillés que possible. La durée d'une opération, quand elle descend à une valeur de l'ordre de la seconde, n'est plus seulement une fonction de l'opération elle-même, mais aussi de celle qui l'a précédée et de la position dans laquelle elle a laissé l'ouvrier. Il est donc illusoire de chercher à déterminer très exactement cette durée dans un cas particulier, parce que ce renseignement sera sans valeur pour un nouveau travail. Si une opération dure moins d'une seconde, elle doit être incorporée à la suivante ou à la précédente par l'employé chargé du relevé expérimental des temps.

4. Définition de la durée normale d'un travail. — La durée normale d'un travail peut varier beaucoup suivant la valeur professionnelle de l'ouvrier qui l'accomplit. Même s'il ne flâne pas, un ouvrier médiocre mettra beaucoup plus de temps qu'un ouvrier d'élite à accomplir un travail qui demande de la dextérité. Taylor conseille de faire en sorte que les ouvriers médiocres soient découragés de rester à l'usine et, dans ces conditions, seul le temps mis par un spécialiste travaillant avec tout son zèle doit être considéré comme normal. Mais il y a bien des pays où il est impossible de n'employer que des ouvriers d'élite, et par suite, le patron sera amené à considérer comme normale une production sensiblement inférieure à la précédente. Toutefois, il serait très malaisé de définir le degré de maladresse, ou même de flânerie, que l'on peut accepter chez un ouvrier, et la seule durée susceptible d'une certaine précision est le temps minimum nécessaire à un ouvrier habile pour effectuer le travail. Encore restera-t-il une certaine indétermination quand il s'agira, par exemple, d'un travail de force. Il est clair que l'allure de production varie suivant le temps pendant lequel elle doit être soutenue. Il y a là une question d'appréciation pour laquelle il paraît bien difficile de donner des règles précises.

Nous admettons donc que le temps que le chronométrateur doit chercher à déterminer est le temps minimum employé par un ouvrier habile travaillant à son maximum d'activité.

Ce minimum ne pourra généralement pas résulter de l'observation d'un seul cycle complet d'opérations, s'il s'agit d'un travail de série. On devra au contraire en observer un nombre qui dépendra du genre de travail. La durée totale de l'observation devra être assez prolongée pour que tous les éléments dont dépend la quantité à mesurer puissent entrer en ligne de compte. S'il

s'agit d'un travail de machine-outil pour lequel les outils doivent être périodiquement changés pour être affûtés, l'observation durera suffisamment pour que ce changement ait lieu au moins une fois.

Si la fatigue de l'ouvrier agit sur la rapidité de l'exécution, l'observation devra être prolongée pendant toute la séance de travail, ou tout au moins on devra faire des relevés au commencement et à la fin de la journée pour tenir compte de cet élément de la durée de l'opération.

5. Relevés à effectuer. — L'observateur, après avoir analysé l'opération à relever et l'avoir décomposée en opérations élémentaires, préparera un tableau d'observations sur lequel il n'aura à porter que des chiffres, avec quelques notes très sommaires.

Ce tableau comportera par exemple autant de colonnes qu'il voudra observer de cycles complets et autant de lignes qu'il y aura d'opérations élémentaires. L'observateur portera entre les lignes le commencement de chaque opération, et il s'efforcera de faire à mesure les soustractions nécessaires pour pouvoir porter dans la même colonne, mais sur la ligne, la durée de chaque opération élémentaire. Il pourra ainsi, dès le second cycle, se rendre compte de la régularité avec laquelle s'effectue le travail, et, éventuellement, rectifier des erreurs.

La feuille d'observation comportera plusieurs colonnes supplémentaires pour y porter le commencement et la fin de chaque interruption avec l'indication sommaire du motif de l'arrêt : remplacement d'un outil, dérangement de la machine, serrage d'une courroie, etc.

6. Établissement du temps normal (1). — Une fois en possession de ces relevés, l'observateur élimine dans

(1) DWIGHT V. MERRICK, I.

chaque ligne le temps le plus court et le temps le plus long considérés comme vraisemblablement anormaux et il porte dans des colonnes spéciales la valeur minimum parmi celles qui ont été conservées et la moyenne arithmétique de ces dernières.

La somme des temps minima donne le minimum réalisable ; sa comparaison avec la somme des temps moyens donnera la moyenne des écarts entre le temps minimum et le temps réalisé par l'opérateur, *interruptions du travail déduites*.

Parmi ces interruptions, on devra opérer un classement ; les unes sont inhérentes au travail, par exemple le remplacement des outils émoussés par d'autres fraîchement affûtés. On examinera la durée de ces opérations et leur périodicité, et on majorera la durée du cycle complet d'opérations du quotient de la durée de ces opérations périodiques par le nombre de cycles de la période.

D'autres arrêts sont imputables à la maladresse de l'ouvrier ou à sa négligence à entretenir sa machine. Il ne doit pas naturellement en être tenu compte dans la durée normale du travail. Enfin certains arrêts, sans être imputables à l'ouvrier, peuvent être cependant faciles à éviter. Ainsi, une courroie trop mince s'allongera sous l'effort qui lui est imposé, glissera et devra être fréquemment retendue, alors qu'une courroie plus épaisse garderait longtemps sa tension. L'examen minutieux des opérations qu'exige une étude de temps fera souvent découvrir des améliorations de ce genre qu'il sera facile d'apporter à l'outillage.

7. Détermination du temps de base en vue de la fixation du salaire. — Le passage du temps θ dont nous venons d'indiquer le mode de calcul au temps de base T qui servira à la fixation du salaire des ouvriers est très

délicat. S'il est normal en effet de ne pas tenir compte dans l'établissement de la durée T des interruptions de travail théoriquement évitables, il est néanmoins nécessaire d'admettre une certaine tolérance pour tenir compte des pertes de temps et des erreurs auxquelles les meilleurs ouvriers sont exposés.

Cette tolérance dépend principalement de la fraction de la durée totale des opérations qui relève directement de l'ouvrier, c'est-à-dire des manœuvres. La durée d'une passe de tour dépend uniquement du réglage de la machine et de la longueur de la portée à tourner. Si donc l'ouvrier se conforme à sa fiche d'instruction, la durée de cette opération sera absolument constante. Au contraire les changements d'outils, le ramenage du chariot à sa position de départ sont des opérations qui dépendent directement de l'activité de l'ouvrier.

M. Carl Barth (1), l'un des collaborateurs de Taylor, a donné la formule ci-après, comme le résultat d'un grand nombre de comparaisons entre le temps minimum θ et le temps réel mis par de bons ouvriers travaillant suivant le système Taylor

$$P = 0,20 + \frac{0,495 - 0,325 M}{\sqrt{0,376 - 0,216 M^2 + \theta}}$$

où P est la fraction dont doit être majoré le temps θ pour obtenir le temps T, c'est-à-dire que

$$T = \theta (1 + P)$$

M est la fraction de la durée totale qui correspond aux manœuvres, θ le temps minimum exprimé en minutes.

On voit que la majoration minimum à appliquer est de 20 %. Elle s'élève à mesure que la durée du travail et que la proportion de main-d'œuvre diminuent. Si on

(1) D. V. MERRICK, p. 17.

fait M et θ égaux à 0, on a la majoration maxima qui est de 100 % environ.

Cette formule dont l'application est facile, si comme dans la référence citée, on trace les courbes donnant P pour les diverses valeurs de θ et pour des valeurs de M variant par 0,1, ne nous paraît pas rationnelle, puisqu'elle augmente la majoration quand l'importance du travail de machine croît. Son emploi ne paraît donc pas recommandable.

Une grande usine française, qui a développé considérablement l'organisation scientifique de ses ateliers, adopte actuellement les majorations ci-après :

Pour les durées de préparation 32 % ;

Pour les durées d'usinage à la main 2 %.

Le total des temps de préparation et d'usinage à la main ainsi abondé et du temps d'usinage mécanique est abondé de nouveau de 30 %.

La Direction des Constructions Navales d'un de nos grands ports de guerre qui applique les procédés d'analyse de Taylor pour la prédétermination des temps d'usinage majore uniformément de 20 % seulement les temps théoriques minimum qu'elle calcule.

Un autre point très important sur lequel la littérature technique américaine paraît muette, c'est la réduction qu'il est possible d'apporter aux temps de base quand il s'agit de grandes séries.

Dans ce cas, les continuateurs de Taylor envisagent généralement que la mise en route de la fabrication précède la fixation définitive du tarif et que l'étude est faite sur une fabrication bien au point.

Toutefois la véritable organisation scientifique, celle à laquelle Taylor a consacré toutes ses forces, doit viser à donner les moyens de calculer d'avance le temps nécessaire pour tout travail. Si une mise au point de la fabrication et un apprentissage du personnel sont nécessaires,

il appartient au bureau des temps de se rendre compte à l'avance de l'importance des pertes de temps qui ralentiront la fabrication à son début.

Voici comment procède la même direction des Constructions Navales. Elle détermine le temps T_1 nécessaire pour fabriquer une première pièce. Ce temps comporte une allocation pour la préparation du travail (recherche des outils, etc.), qui n'interviendra pas pour la détermination du temps de fabrication T_2 de la seconde pièce. De plus elle prévoit pour le finissage de la première pièce un nombre de passes assez grand. L'expérience prouve, en effet, que le meilleur ouvrier aura toujours quelques hésitations à amener la première pièce à la cote définitive, et que, par crainte d'aller trop loin, il multipliera les passes de finissage.

Ces hésitations disparaissant dès la première pièce faite, les temps de finissage de la deuxième pièce peuvent être arrêtés en réduction de 20 % sur ceux de la première. Par suite, la fiche de fabrication sera calculée à la fois pour la première et pour la deuxième pièce et elle comportera un temps T_3 sensiblement moindre que T_1 . L'Établissement indiqué estime que le temps T_2 doit s'appliquer non seulement à la deuxième, mais encore à la troisième pièce.

Mais si la fabrication se prolonge on constate son accélération en raison de plusieurs circonstances :

1° L'ouvrier évite de plus en plus les pertes de temps et les fausses manœuvres. Il gagne sensiblement sur la durée des manœuvres, des montages, etc.

2° Pour éviter tout mécompte, le rédacteur de la fiche d'instruction est tenu à une certaine prudence dans la détermination des vitesses de coupe, soit que suivant les principes de Taylor ces vitesses de coupe aient été portées sur la fiche remise à l'ouvrier, soit simplement qu'on ait donné à ce dernier des indications

générales pour les déterminer pour tous les travaux qui lui sont confiés. Il en résulte qu'il est possible d'augmenter légèrement ces vitesses de coupe. C'est ce que fera graduellement un bon ouvrier désireux d'augmenter sa prime.

Mais il faut pour cela que le nombre de pièces soit suffisant et que la durée totale du travail lui donne le temps de se livrer à cette mise au point graduelle.

On arrive ainsi à établir un barème donnant la réduction à faire subir au temps T_2 en fonction du nombre de pièces à faire, et de ce temps T_2 . La Direction des Constructions Navales précitée a établi le barème suivant. Le produit $(m-1) T_2$ représente (en heures) le temps qui serait nécessaire pour faire les $m-1$ pièces qui suivent la première, s'il n'y avait pas de réduction. K représente le coefficient réducteur à appliquer à cette valeur.

$(m - 1) T_2$	K	$(m - 1) T_2$	K
8	1	120	0,88
16	0,99	200	0,80
24	0,98	300	0,78
32	0,97	400	0,76
40	0,96	500	0,74
48	0,95	600	0,72
56	0,95	700	0,70
64	0,94	800	0,68
72	0,93	1 000	0,66
80	0,92	1 200	0,65
88	0,91	1 400	0,64
96	0,90	1 600	0,63
104	0,90	1 800	0,62
112	0,89	2 000	0,60

On voit que pour un travail devant durer moins d'une journée, on n'applique pas de réduction, quel que soit le nombre de pièces à faire.

Lorsqu'il s'agit de travaux de très longue durée, on n'applique pas le tarif réduit dès le début du travail.

Chaque quinzaine, on établit une nouvelle fiche de fabrication. La durée de travail étant voisine de 100 heures par quinzaine, la première fiche sera établie avec coefficient réducteur $K = 0,90$, la deuxième fiche avec un coefficient réducteur $K = 0,80$ et ainsi de suite en utilisant les chiffres du tableau précédent.

Les observations faites au cours de la fabrication des obus pendant la guerre ont montré le bien fondé de cette manière de faire.

8. Choix de l'observateur et de l'opérateur pour le relevé des temps. — Il résulte de ce qui précède que les résultats de l'observation chronométrique du travail des ouvriers doivent être interprétés avec discernement. Par suite les conditions dans lesquelles se fait l'expérience doivent être aussi bien définies que possible.

A cet effet, la feuille sur laquelle a été fait le relevé et qui est conservée dans les archives doit porter toutes les circonstances de l'opération ainsi que le nom de l'opérateur et celui de l'observateur.

En effet, la personnalité de ceux-ci n'est pas indifférente. Si l'opérateur est un ouvrier habile qui fait tous ses efforts pour accomplir le travail dans le temps minimum, la tâche de l'observateur se borne à noter les temps du commencement de chaque phase, ce qui est à la portée de toute personne habituée aux mesures de précision.

Il n'en sera plus de même si l'opérateur perd du temps, soit involontairement par maladresse, soit délibérément en vue de fausser le résultat du chronométrage dans le sens qu'il croit favorable à ses intérêts. L'observateur doit alors être à l'affût de ces pertes de temps et les faire figurer comme interruptions de travail évitables dans

les colonnes *ad hoc* de son imprimé. Il doit faire preuve de discernement et aussi d'autorité, car il lui appartient de faire remarquer ces pertes de temps à l'opérateur pour éviter ensuite les réclamations auxquelles pourrait donner lieu un temps de base qui serait très inférieur au temps brut relevé.

La manière la plus correcte de relever des temps est de faire porter les mesures sur le travail d'un des meilleurs ouvriers spécialistes, dûment averti de l'opération en cours. La plupart du temps, les ouvriers ne font pas d'objections à ces relevés. Un commerçant ne se formalise pas de voir son client vérifier le poids des marchandises livrées ; on n'offense pas un caissier en vérifiant le montant de la somme qu'on reçoit de lui. Pourquoi un ouvrier n'accepterait-il pas que son patron mesure avec exactitude la quantité de travail fournie ?

Au contraire nous considérons comme incompatible avec la dignité du patron et comme incorrect vis-à-vis de l'ouvrier le procédé qui consiste à relever les temps par surprise. Taylor, lui-même, ou plutôt ses collaborateurs, y ont eu recours. Pour cela on avait inventé une sorte de carnet dont la couverture formait boîtier pour les montres qui étaient ainsi dissimulées à l'ouvrier. L'opérateur semblait seulement prendre des notes, sans que l'ouvrier pût discerner le genre d'opération auquel il se livrait.

Taylor s'excuse d'avoir été obligé de recourir à cette dissimulation en faisant valoir que ses collaborateurs opéraient ainsi pour épargner aux ouvriers soumis aux observations les reproches dont leurs collègues les auraient accablés, s'ils s'étaient prêtés de bonne grâce au chronométrage.

Nous estimons que lorsque l'esprit du personnel ouvrier est ainsi orienté, il vaut mieux faire porter les observations sur des opérateurs spécialement engagés pour

effectuer les expériences de fabrication et complètement indépendants du personnel normal des atchers. Plusieurs usines ont eu recours à ce procédé. Il ne vaut pas à notre avis celui qui consiste à faire les relevés pour ainsi dire contradictoirement avec le personnel qui utilisera ensuite les tarifs en découlant.

ÉTUDE DES PROCÉDÉS DE TRAVAIL

9. Utilité des études de temps en vue de l'amélioration des procédés de travail. — L'utilité des études de temps n'est pas limitée à la fixation scientifique du salaire dû pour un travail déterminé. Le chronométrage précis des opérations élémentaires d'une fabrication fournit des données précieuses pour la détermination des procédés de travail les plus économiques.

L'analyse qui précède le chronométrage fait souvent reconnaître que des opérations sont inutiles et peuvent être supprimées. Tel autre chronométrage mettra en évidence la durée considérable des manutentions dans un travail déterminé. Il pourra suggérer l'emploi de casiers et de tréteaux où seront rangées les matières premières bien à portée de l'ouvrier et où ce dernier pourra déposer les pièces terminées.

Un des mérites de Taylor est d'avoir montré que la plupart des travaux manuels étaient susceptibles de grands perfectionnements, pourvu qu'ils fussent étudiés par des moyens scientifiques, dont le chronométrage est l'un des principaux. Adam Smith a établi, il y a déjà longtemps, les avantages de la division du travail et de la spécialisation des ouvriers. L'exemple qu'il en a donné, quoique actuellement périmé, est resté célèbre : de son temps une équipe de dix ouvriers travaillant chacun à une opération distincte réussissaient à faire ensemble 48 000 épingles par jour, alors que chacun d'eux, accomplissant la totalité des opérations néces-

saires pour terminer une épingle, n'en aurait fait que quelques dizaines.

De même que la division du travail et la spécialisation des ouvriers conduisent à une augmentation extraordinaire de la production, Taylor soutient que l'étude scientifique de toute opération manuelle permet un progrès considérable, et cela sans changer le principe des procédés par lesquels le travail est effectué, mais simplement par des améliorations de détail.

C'est en effet un des caractères essentiels du système Taylor qu'il recherche l'augmentation de la production par l'amélioration du rendement des moyens existants et non pas par l'emploi de procédés nouveaux. Ainsi, Taylor ne cherche pas à remplacer un travail fait à la main par l'action d'une machine-outil. Il s'occupe simplement de donner à l'ouvrier tous les moyens de porter sa production au maximum, d'exiger de lui ce maximum et de l'en récompenser par un supplément de salaire convenable.

10. Principes de la méthode. — Ce sont ceux qui s'appliquent à toute recherche expérimentale.

Pour déterminer le moyen le plus économique d'effectuer un travail, Taylor commence par rechercher quelles sont les variables qui interviennent dans le problème. Puis il expérimente pour déterminer l'effet de chacune d'elles. S'il y a n variables, il fait toute une série d'expériences, en laissant $n-2$ des variables constantes et il mesure les variations simultanées des deux autres. Ces variations peuvent se mettre sous forme d'une courbe C .

Ensuite, il fait varier une des $n-2$ autres variables. La courbe C varie alors, et les valeurs simultanées des trois variables non fixées peuvent être représentées par une surface. Si l'on fait varier une quatrième variable, on a toute une famille de surfaces.

Si le nombre des variables dépasse 4 on peut en faisant varier le 5^e paramètre obtenir des séries de familles de surfaces, et ainsi de suite.

On voit que si on a pris pour une des variables le temps nécessaire pour faire le travail, le dépouillement de toute la série d'expériences faites permettra de trouver les valeurs des $n-1$ variables restantes qui rendent ce temps minimum.

La méthode est extrêmement laborieuse parce que le nombre d'expériences à faire croît en progression géométrique quand le nombre des variables augmente en progression arithmétique.

Si par exemple, on veut que chaque courbe représentant une série d'expériences soit déterminée par 10 points, le nombre d'expériences nécessaires, lorsque la quantité à calculer dépend de n variables, est 10^n . Dans le cas de la taille de l'acier, le temps nécessaire pour faire un travail dépend de 12 variables. Il faudrait donc pour appliquer la méthode ci-dessus effectuer 10^{12} mesures. Si l'on admet que l'on puisse faire 100 mesures par jour, la série complète d'expériences durerait environ trois cent mille siècles ! Nous allons montrer comment il a été possible de simplifier la méthode et d'obtenir des résultats suffisants pour les besoins de la pratique.

ÉTUDE DE LA TAILLE DE L'ACIER

11. Simplification du problème. — Taylor a admis que la fonction des 12 variables x_1, x_2, \dots, x_{12} qui définit la durée T d'un travail déterminé pouvait se mettre sous la forme

$$T = F_1(x_1) \cdot F_2(x_2) \dots F_{12}(x_{12})$$

c'est-à-dire que la variation du temps T résultant d'une variation de x_n était indépendante des valeurs des autres variables.

Dès lors il suffit de déterminer séparément chacune des fonctions F_n et si 10 points sont suffisants pour déterminer une courbe, le nombre total de mesures est 10×12 au lieu de 10^{12} .

En réalité certaines variables envisagées, comme la forme des outils, dépendent de plusieurs éléments et ne constituent pas des variables simples au sens mathématique du mot, de sorte que les essais ont été beaucoup plus étendus que ne l'indique ce nombre modéré d'expériences à faire. En fait ils ont duré plus de 25 ans et d'autres expérimentateurs ont dû, comme nous le verrons, continuer l'œuvre de Taylor.

12. Choix d'une variable auxiliaire. — La quantité à mesurer est finalement le temps nécessaire à l'accomplissement d'un travail ; mais il est commode de choisir pour l'exécution d'expériences une quantité à mesurer différente en fonction de laquelle il sera facile de calculer la précédente. Taylor a choisi pour cette variable auxiliaire la vitesse de coupe qui amène en vingt minutes la destruction complète du tranchant de l'outil dans les conditions de travail à étudier. Ce choix se justifie par les considérations suivantes :

L'usure de l'outil est un phénomène continu qui commence en même temps que le travail. Il est malaisé de définir avec précision le moment où un outil est émoussé et où il est utile de l'affûter. Au contraire, lorsqu'on cherche à prolonger indéfiniment la durée de travail d'un outil, quand l'usure a atteint un certain degré, elle devient tout à coup extrêmement rapide, l'échauffement qui en résulte l'accroissant elle-même, et le tranchant se détruit en quelques secondes. Aucune incertitude ne règne donc sur la quantité à mesurer.

La durée de vingt minutes a été choisie comme la plus courte qui donne des résultats cohérents. Elle

abrège les expériences sans en diminuer la précision. Taylor a vérifié que dans des conditions identiques, les durées de travail d'outils aussi semblables que possible étaient égales à 2 % près, quand ces durées étaient voisines de vingt minutes.

13. Forme des outils. — La forme des outils est déterminée par un grand nombre de considérations appartenant à des ordres d'idées très différents.

La durée de destruction pour des conditions de travail déterminées doit être aussi grande que possible. L'outil doit être d'emploi commode pour le plus grand nombre possible de travaux. Il doit être facile à forger et à affûter, soit au moment de la fabrication, soit après émoussage par le travail.

Enfin on doit chercher à éviter le broutement. On sait que l'on désigne sous ce nom des vibrations de l'outil et de la pièce. Quand ce phénomène se produit, la surface travaillée est cannelée au lieu d'être lisse, et le tremblement de toutes les parties de la machine lui impose des fatigues qui la mettraient rapidement hors de service si on laissait le fonctionnement se poursuivre dans ces conditions défectueuses. La cause de ces vibrations paraît être les variations de la pression du copeau sur l'outil dues au fait que ce copeau se brise périodiquement. S'il y a résonance entre la période de ce phénomène et celle de vibration propre de la pièce ou du chariot de la machine, le broutement se produit. On diminue la tendance au broutement en augmentant la rigidité de l'outil, notamment en prolongeant autant que possible vers le tranchant la face plane d'appui sur le porte-outil. On agit dans le même sens en substituant à un tranchant rectiligne un tranchant courbe, parce que la rupture du copeau ne se produit plus d'un seul coup sur toute la section transversale, à cause des varia-

tions d'épaisseur dues à la courbure du tranchant, et que, par suite, la variation de la pression sur l'outil se trouve décomposée en un grand nombre de perturbations périodiques secondaires d'importance moindre.

Finalement Taylor a été conduit au tracé de l'outil dégrossisseur (le plus important) représenté figure 8. Cet outil est caractérisé par le relèvement de la surface plane qui le limite à la partie supérieure bien au-dessus

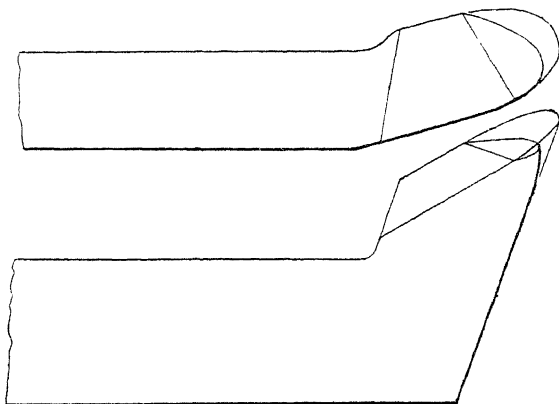


FIG. 8.

TRACÉ DE L'OUTIL DÉGROSSISSEUR.

du plan de la face supérieure de la barre carrée dans laquelle il a été forgé. De cette manière, tous les affûtages, après le premier, peuvent se faire par un simple meulage de cette surface, meulage qui s'exécute facilement sur une machine parce que la meule en balayant le dessus du tranchant n'est pas exposée à se heurter contre la tige de l'outil. On peut ainsi procéder à de très nombreux réaffûtages avant qu'un nouveau forgeage soit nécessaire.

Malgré cet avantage, on doit reconnaître que l'outil Taylor s'est peu répandu : il est en effet difficile à forger. Son inventeur conseille d'utiliser pour sa confection un marteau mécanique que ne possèdent pas toutes les forges où se prépare l'outillage des usines. D'autre part, la hauteur de l'arête tranchante au-dessus de la face inférieure de l'outil est généralement trop grande pour que les chariots de tours puissent le recevoir sans une modification qui n'est pas toujours simple.

On voit que bien des considérations interviennent dans le tracé des outils et que le compromis auquel on est finalement conduit entraîne l'adoption d'une forme qui ne serait pas la plus favorable, si l'on s'en tenait à la simple condition du débit maximum.

Taylor a montré que, dans ce dernier cas, un outil à tranchant rectiligne raccordé à un arrondi de grand rayon aurait une production d'environ 30 % plus grande que celle de l'outil à bout rond ; mais la tendance au broutement est marquée. L'outil ne peut être employé que sur des machines particulièrement robustes et au dégrossissage de pièces très massives. De plus la surface obtenue est peu régulière.

14. Angles de coupe. — Quand un outil attaque une surface de métal on distingue (figure 9) l'angle de dépouille α et l'angle d'attaque β que font les faces inférieure et supérieure du tranchant avec le plan tangent à la surface du métal attaqué. L'étude du mécanisme de la coupe des métaux faite par Taylor a montré que dans le fonctionnement le copeau n'était en contact avec l'outil qu'un peu en arrière du tranchant et que par suite l'acuité de l'arête taillante n'avait pas grande importance une fois l'outil engagé. L'usure est due à l'échauffement produit par le frottement du copeau sur la surface supérieure de l'outil. On doit donc chercher

à réduire ce frottement et à faciliter le dégagement de la chaleur produite pour en atténuer les effets.

On diminue le frottement en réduisant l'angle d'attaque β , ce qui, pour une dépouille donnée, conduit à réduire l'angle $\beta - \alpha$ du tranchant. Mais à mesure que cet angle diminue, la chaleur dégagée par le frottement trouve une moindre section de métal qui la conduise dans le corps de l'outil où elle se dissipe. Il y a donc une valeur optimum de l'angle du tranchant. Plus aigu, le tranchant est trop fragile ; plus obtus, il offre une résistance exagérée à la pénétration.

L'angle d'attaque le plus favorable varie selon la

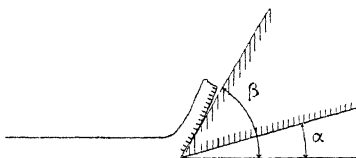


FIG 9

ANGLES DE COUPE.

matière à travailler ; par exemple, il sera voisin de 90° pour une matière très dure (fonte coulée en coquille) et de 61° pour une matière relativement molle comme l'acier extra-doux.

Les expériences de Taylor ont d'ailleurs montré que cet élément était un des moins importants du problème.

La dépouille doit être juste suffisante pour que l'outil ne vienne pas s'appuyer par la face qui est en regard de la pièce et exercer un frottement nuisible. Quand cet inconvénient se produit, on dit que l'outil « talonne » (fig. 10).

L'angle de dépouille sera donc d'autant plus petit que l'on sera plus assuré de placer l'outil dans la machine

avec une précision telle qu'il ne puisse subir la petite rotation autour d'un axe parallèle au tranchant qui le ferait talonner. Sur les tours et les raboteuses où l'outil repose sur des cales d'épaisseur plus ou moins régulières, on emploie des dépouilles relativement fortes, de l'ordre de 6°. Avec les fraises qui sont montées avec beaucoup plus de précision, on pourra se contenter d'une dépouille d'un degré.

Une dépouille forte affaiblit le tranchant sans diminuer la pression du copeau.

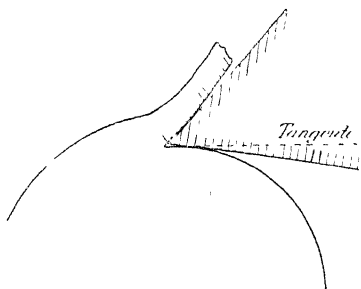


FIG. 10.

OUTIL TALONNANT.

Pour un outil de tour à tranchant courbe, on obtient la dépouille voulue en engendrant la surface latérale de l'outil par des droites faisant avec la surface d'application sur le chariot du tour un angle constant égal au complément de la dépouille. Si par exemple le contour du tranchant est circulaire, la surface latérale de l'outil sera un cône à axe vertical, de demi-angle au sommet égal à la dépouille.

Le dessus de l'outil est dressé suivant un plan oblique qui coupe ce cône suivant une ellipse. On voit que l'angle du tranchant est variable suivant les points de l'arête.

Pour déterminer facilement le plan de dessus de l'outil on donne généralement les angles que font avec ce plan une perpendiculaire à la pièce (ou un rayon dans le cas d'un outil de tour) et une parallèle à la pièce, perpendi-

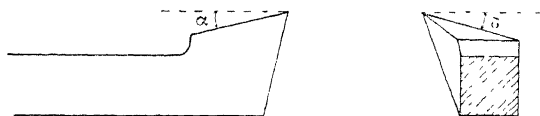


FIG. 11.

ANGLES DE DÉGAGEMENT.

culaire au déplacement relatif de l'outil et de la pièce. L'angle α de la figure 11 est le dégagement interne et l'angle δ le dégagement latéral. Les valeurs de 8° et 22° par exemple qui correspondent à un angle d'attaque minimum de 68° environ conviennent au travail de l'acier doux.

15. Effet de l'arrosage. — Taylor a mis en évidence l'avantage que l'on trouve à refroidir énergiquement l'outil par un courant d'eau. Pour éviter les éclaboussures et néanmoins assurer un débit suffisant, l'eau doit être amenée sous faible pression par un tuyau de large section dont le jet est dirigé sur le copeau, au point où il se détache de la pièce. On obtient ainsi un résultat meilleur que si on envoie par dessous le jet refroidir le tranchant de l'outil ainsi que Taylor l'avait essayé tout d'abord.

Avec l'acier un arrosage parfait augmente de 30 à 40 % la durée de travail d'un outil dans des conditions déterminées par rapport à la valeur qu'elle aurait si l'outil travaillait à sec. Avec la fonte, pour laquelle, avant Taylor, on considérait l'arrosage comme superflu, le gain de durée est d'environ 16 %.

L'intérêt de l'arrosage est si grand que Taylor avait installé dans les premières usines où il a expérimenté une distribution d'eau d'arrosage alimentée par un réservoir surélevé. Des caniveaux placés sous les machines recueillaient l'eau qui était reprise par une pompe et renvoyée au réservoir. Avec les tours modernes qui, pour la plupart, comportent une pompe d'arrosage et un bassin sous le banc pour recueillir les eaux qui s'écoulent, cette installation d'ensemble est inutile. On évite que les machines-outils ne se rouillent en mélangeant du carbonate de soude à l'eau d'arrosage. Toutefois la lessive ainsi formée attaque les mains des ouvriers qui s'en plaignent. Cet inconvénient est moins sensible en Amérique où beaucoup d'ouvriers travaillent avec des gants.

16. Pression du copeau sur l'outil. — Cette donnée n'est pas essentielle pour l'étude des conditions du travail le plus économique parce qu'en général la dépense de force motrice nécessitée pour un travail de machine-outil est faible vis-à-vis du salaire de l'ouvrier qui conduit cette machine. Toutefois le prix de revient de la force motrice n'est pas absolument négligeable ; d'autre part un point très important est le suivant. Pour faire fonctionner une machine-outil à une vitesse de coupe, un serrage et une avance déterminés, il faut que la force motrice dont dispose la machine soit suffisante. En particulier si la machine est conduite par une courroie de transmission, il faut que l'effort que celle-ci doit transmettre ne la fasse pas glisser.

Taylor a donc été conduit à mesurer la pression du copeau sur l'outil. Cette pression multipliée par la vitesse de coupe donne la puissance utile dépensée par la machine. Cette puissance utile, elle-même divisée par le

rendement des transmissions du tour, donne la puissance qui doit être transmise par la poulie.

Taylor a reconnu que la pression du copeau était sensiblement indépendante de la vitesse de coupe.

Elle dépend naturellement de la nature du métal travaillé ; mais elle est fonction de l'ensemble des qualités du métal ; un acier dur, mais ayant un faible allongement à la rupture, offre moins de résistance qu'un acier plus mou, mais susceptible d'un grand allongement. Le métal résiste d'autant plus à l'outil que sa qualité est plus fine, c'est-à-dire par exemple que le total $R + A$ (R charge à la rupture, A allongement à la rupture) est plus élevé. La forme précise de cette fonction n'a d'ailleurs pu être découverte par Taylor.

Pour le travail de la fonte Taylor donne les chiffres suivants pour la pression P (en kg.) exercée par le copeau sur un outil, quand le serrage est S (en mm.), l'avance a (en mm.) :

$$P = C S^{\frac{14}{15}} a^{\frac{3}{4}}$$

Avec les valeurs suivantes de C ,

Fonte douce...	880
Fonte dure ...	1 350.

Pour l'acier doux, il donne avec les mêmes notations :

$$P = 201 S^{\frac{14}{15}} a.$$

17. Influence de la vitesse de coupe sur la durée d'usure.— Supposons déterminées d'abord les conditions de vitesse de coupe V_0 , de serrage S et d'avance a pour lesquelles un outil déterminé s'use en vingt minutes. Les expériences de Taylor l'ont conduit à formuler les règles suivantes : si S et a ne changent pas, on obtiendra les vitesses de coupe V , correspondant à des durées T de

travail sans affûtage, plus longues en multipliant V_0 , par les coefficients suivants (α) :

T	α
40	0,92
80	0,84

On doit également connaître la relation qui doit exister entre la vitesse de coupe, l'avance et le serrage pour un outil et une matière à usiner déterminés lorsque la durée d'usure de l'outil est de vingt minutes.

Taylor donne entre la vitesse V_0 , le serrage S , l'avance a et la rayon r du cercle qui limite la pointe de l'outil, la formule suivante (en mesures anglaises) :

$$V_0 = \frac{K \left(1 - \frac{8}{7 \times 32 r} \right)}{a^{\frac{2}{5}} + \frac{2,12}{5 + 32r} \times \left[\frac{48}{32r} S \right]^{\frac{2}{15}} + 0,06 \sqrt{32r} + \frac{0,8}{6} \frac{32r}{32r + 48 S}}$$

où K est un coefficient qui dépend de la qualité de l'outil et du métal travaillé.

Une pareille formule est évidemment peu utilisable. Toutefois Taylor en donne dans son ouvrage quelques applications à divers calibres d'outils (c'est-à-dire pour diverses valeurs de r).

Ainsi pour un outil de 25,4 millimètres, la formule devient (en mesures métriques)

$$V_0 = \frac{K \times 1,70}{a^{0,5325} \times (0,172 S)^{0,3323} + \frac{8,8}{66 + 1,89 S}}$$

Ce qui complique l'utilisation de cette formule, c'est la présence du terme $\frac{8,8}{66 + 1,89 S}$ en exposant. Mais on peut constater que les valeurs de ce terme pour

$S = 1$ mm et $S = 10$ mm sont 0,13 et 0,103, de sorte que l'exposant total de S varie de 0,462 à 0,435 quand le serrage varie dans ces limites. Ces variations sont faibles.

En fait, si, comme le fait Taylor, on porte en courbe pour des valeurs données de l'avance la valeur du logarithme de la vitesse de coupe type V_0 en fonction de la valeur du serrage S , on trouve des lignes presque droites dont la flèche, en particulier, est inférieure à l'écart des points donnés par l'expérience.

Il en est de même si au lieu du logarithme de S on prend le logarithme de a comme variable.

On conclut de là que la formule peut être simplifiée et ramenée à la forme

$$V_0 = \frac{K}{a^\alpha S^\beta},$$

dans laquelle les exposants α et β varient avec les dimensions de l'outil.

On peut déduire ces exposants de la formule développée en tenant compte du fait que r se calcule en retranchant 5/32 de pouce de la moitié de la largeur de l'emmanchement de l'outil, et en prenant une valeur moyenne du serrage proportionnée à la force de l'outil.

Nous verrons plus loin que les expressions mathématiques de cette forme se prêtent à des calculs très rapides.

18. Effet de la qualité du métal travaillé sur la vitesse de coupe type. — Comme pour l'effet de la qualité du métal travaillé sur la pression du copeau sur l'outil, Taylor n'a pu découvrir de relation mathématique entre la qualité du métal et la vitesse de coupe type. Comme précédemment la dureté n'intervient pas seule et un métal possédant un grand allongement à la rupture se travaille moins vite qu'un métal de résistance égale, mais moins ductile.

Nous verrons comment Taylor résout pratiquement la difficulté.

19. Problème résolu par Taylor. — Le problème que s'est posé Taylor pour arriver à rédiger une fiche d'instruction détaillée a été le suivant.

Soit à dégrossir une pièce, par exemple à tourner un cylindre de manière à diminuer son diamètre d'une certaine quantité. En général ce travail se fera en une ou deux passes, le choix entre ces nombres étant imposé le plus souvent par la force du tour. Si l'on choisit de faire deux passes, il est naturel de les faire de profondeurs égales, en sorte que le serrage *S* se trouve fixé sans difficulté.

Il faut déterminer les autres conditions de la coupe (vitesse-avance) par les considérations suivantes. La durée d'usure de l'outil devra être celle qui correspond au meilleur compromis entre le souci d'obtenir le débit de copeaux maximum et celui de réduire les frais d'entretien de l'outillage. Taylor indique le chiffre de 80 minutes. Par suite on devra déterminer, pour chacune des avances que comporte le tour, la vitesse de coupe correspondante qui entraîne la durée d'usure choisie. A chacun de ces groupes d'avance et de vitesse de coupe compatibles avec la durée de l'outil correspondra un débit horaire de copeaux qui sera généralement d'autant plus grand que l'avance aura été choisie plus forte.

D'autre part, à l'époque où travaillait Taylor, les tours étaient menés par des courroies de transmission. A chaque valeur du serrage, de l'avance et de la vitesse de coupe correspond une puissance motrice qui doit pouvoir être fournie par la transmission du tour. Par suite pour une pièce et un serrage donnés, à chaque valeur de l'avance correspond une vitesse de rotation maximum du tour.

Le problème que Taylor s'est posé a été de déterminer pour un serrage donné les groupes identiques d'avance et de vitesse de rotation satisfaisant à l'une et à l'autre des conditions ci-dessus et de choisir celui qui correspond au débit de copeaux maximum.

Les règles à calcul inventées par M. Barth, l'un des collaborateurs de Taylor, résolvent élégamment ce problème.

20. Principe des règles à calcul Barth. — La pression du copeau sur l'outil multipliée par le rayon de la pièce $\frac{D}{2}$ produit un couple résistant, égal pour l'acier, d'après ce que nous avons vu précédemment et s'il y a n outils travaillant à la fois à

$$n f(R) S^{\frac{14}{15}} a \frac{D}{2},$$

$f(R)$ étant une fonction de la qualité de l'acier.

Appelons δ le diamètre d'une des poulies du cône et T la différence maximum de tension entre les brins de la courroie pour laquelle il n'y a pas glissement.

Le couple moteur maximum sera $T\delta$.

Si d'autre part, il existe entre l'arbre du cône et l'arbre du tour un train d'engrenage de raison η et de rendement ρ , pour qu'il n'y ait pas glissement de la courroie, il faudra que

$$\rho \eta T\delta > n f(R) S^{\frac{14}{15}} a \frac{D}{2}.$$

Ce que nous pouvons écrire :

$$(1) \quad -\log a > \frac{14}{15} \log S + \log n + \log D + \log f(R) - \log 2 \rho \eta T\delta.$$

D'autre part la vitesse de coupe est donnée d'après ce que nous avons vu par une formule de la forme

$$V = K_1 K_2 \frac{A \varphi(R)}{a^\gamma S^\beta},$$

dans laquelle $\varphi(R)$ est une fonction de la qualité du métal travaillé et du métal de l'outil, K_1 est un coefficient qui dépend de la durée pendant laquelle l'outil doit travailler sans affûtage, K_2 un autre coefficient qui est égal à 1 quand l'outil travaille à sec et à 1,35 quand il travaille sous un fort jet d'eau.

Mais la vitesse V est proportionnelle au diamètre D et à une fonction $\psi(\delta)$ de l'étagé du cône sur lequel est placée la courroie de transmission. Nous pouvons donc écrire :

$$D \psi(\delta) = K_1 K_2 \frac{A \varphi(R)}{a^\alpha S^\beta},$$

Nous en retirons la relation :

$$(2) \quad \alpha \log a = \log A + \log K_1 + \log K_2 - \beta \log S \\ + \log \varphi(R) - \log D - \log \psi(\delta).$$

Si donc nous considérons comme données toutes les quantités entrant dans les égalités (1) et (2), à l'exception de l'avance a et de l'étagé du cône de transmission caractérisé par δ , ces égalités nous donnent les valeurs simultanées de ces variables compatibles les unes avec la puissance d'entraînement de la courroie, les autres avec la durée d'usure prévue pour l'outil. Pour chaque avance a que les engrenages du tour permettent de réaliser, il y aura donc deux valeurs de δ imposées par ces deux conditions et le fonctionnement sera possible avec la plus petite de ces deux valeurs, de sorte que l'on sera finalement en présence d'un certain nombre de fonctionnements possibles. On choisira celui qui donne une valeur du débit maximum, la valeur de ce débit étant par ailleurs

N étant le nombre de tours de la pièce, lequel est une fonction de δ .

La règle Barth (figures 12 et 13) permet de trouver sans calcul les valeurs simultanées de a et de δ (ou plutôt de N qui est fonction de δ) satisfaisant aux égalités 1 et 2.

La partie supérieure de la règle se rapporte à l'inégalité (1). Elle porte deux divisions fixes et deux réglettes mobiles portant chacune deux divisions. La figure 12 montre comment les divisions fixes et mobiles permettent d'additionner ou de retrancher les logarithmes conformément à l'expression algébrique. Bien entendu les

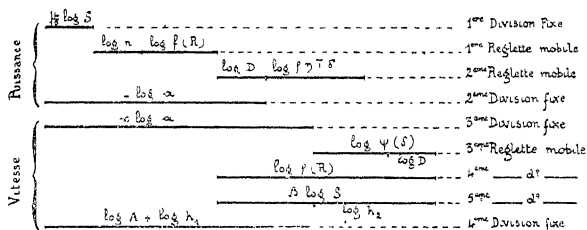


FIG. 12.

RÈGLE DE BARTH (schéma).

divisions portent seulement les valeurs de S, de n, de D et de a . Les valeurs de $\log. 2 \rho \eta T \delta$ sont figurées simplement par une indication conventionnelle donnant l'étage du cône et la désignation du train d'engrenage en action. Nous reviendrons plus loin sur la fonction $f(R)$ qui fait entrer en ligne de compte la qualité du métal. On voit que sur la seconde réglette mobile et sur la division inférieure fixe on trouve en regard les positions de la courroie et les avances compatibles avec la puissance. La moitié inférieure de la règle comporte deux divisions fixes et trois réglettes mobiles. Elle permet l'application

de la formule (2). La division fixe supérieure et la division supérieure de la troisième réglette donnent en regard les valeurs des mêmes variables que précédemment compatibles avec la durée de l'outil.

En plus de l'indication de la position de la courroie on fait figurer sur la réglette correspondante le nombre de tours de la broche, renseignement indispensable au calcul du débit.

La figure 13 représente une des règles construites par M. Barth.

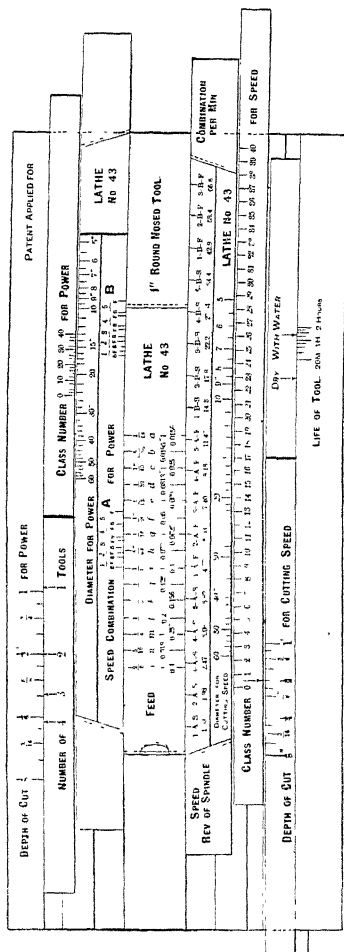
Une grosse difficulté subsiste : la détermination des fonctions $f(R)$ et $\varphi(R)$ qui dépendent de la qualité du métal travaillé. Elle a été tournée de la façon suivante.

Les expériences de Taylor lui ont permis de déterminer les valeurs extrêmes de ces fonctions pour des métaux très durs ou très peu résistants. Les points correspondants étant marqués sur les réglottes, l'intervalle est divisé en 40 parties égales. On tient compte de la nuance du métal en prenant une division intermédiaire, et Taylor admet que c'est l'expérience de l'usine qui seule lui permet de déterminer la valeur à prendre.

Notons que pour la partie inférieure de la règle le chiffre à choisir dépend, non seulement du métal travaillé, mais encore de la qualité de l'outil. Il y a là une lacune dans les résultats donnés par Taylor, lacune qui laissait la place à de nouveaux travaux.

TRAVAUX DU COMMANDANT DENIS

21. Tour d'essai Herbert. — M. le Chef d'Escadron d'Artillerie Paul Denis a cherché à combler la lacune que présentent les résultats de Taylor relativement à l'influence de la nuance du métal en œuvre sur les conditions du travail. A cet effet il a entrepris des séries d'expériences très complètes en utilisant un tour spécial


 FIG 13.
RÈGLE DE BARTH.

combiné par M. Herbert, le constructeur de machines-outils bien connu, en vue de l'essai des aciers à outils.

Le principe de cet appareil revient au suivant (1). Un tube de métal est animé selon son axe d'un mouvement hélicoïdal régulier de très faible pas (0,03 mm). Sa tranche vient s'appuyer contre un outil fixe à taillant droit fabriqué avec l'acier à essayer. On enregistre le nombre de tours faits par le tube. On arrête l'expérience quand l'outil s'est usé d'une quantité déterminée. A ce moment la tranche du tube en contact avec l'outil se trouve déplacée par rapport à la position initiale d'une quantité égale à l'usure de l'outil. Par suite, on peut disposer une pièce métallique avec laquelle cette tranche vient en contact, en fermant le circuit d'une sonnerie électrique qui prévient de la fin de l'expérience.

Cet appareil se prête très simplement à la mesure de la quantité totale d'acier que peut tailler un outil pour un serrage et une avance déterminés et à des vitesses de coupe variables.

On constate (fig. 14) que le volume total de copeaux, ou débit (2), augmente quand on opère à des vitesses de coupe croissantes et qu'il atteint un maximum pour une vitesse V_0 à laquelle le Commandant Denis a donné le nom de vitesse de moindre usure. Le débit correspondant est D_0 . Le débit décroît ensuite assez rapidement. Pour une vitesse de coupe peu différente de $V_1 = V_0 \left(1 + \frac{2}{3}\right)$ l'outil s'émousse instantanément et le débit est nul. On ne doit jamais faire fonctionner un outil au-dessous de sa vitesse V_0 de moindre usure, puisque la quantité totale de métal que peut alors enle-

(1) La disposition réelle est légèrement différente.

(2) Nous respectons le nom donné par le commandant Denis quoique le terme *débit* ne s'applique proprement qu'à une quantité divisée par un temps.

ver l'outil est inférieure au maximum et que d'autre part la production par unité de temps est faible.

On a même généralement intérêt à dépasser la vitesse V_0 , parce que la production horaire de copeaux augmente ; toutefois on est arrêté dans cette voie par le souci d'éviter des changements d'outils et des affûtages trop fréquents. Le Commandant Denis indique comme la plus avantageuse une vitesse de coupe égale à la

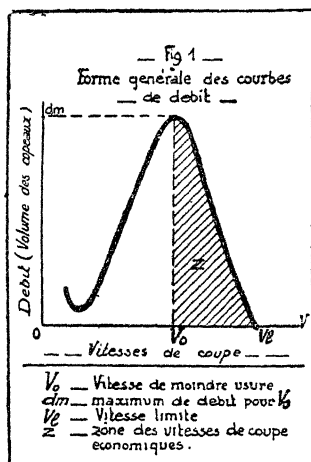


FIG 14.

COURBE DE DÉBIT D'UN OUTIL (Cliché H. Morin).

moyenne de la vitesse de moindre usure V_0 et de la vitesse limite V_l , c'est-à-dire une vitesse voisine de $V_0 \left(1 + \frac{1}{3}\right)$, laquelle correspond à une production totale de copeaux voisine de $\frac{D_0}{2}$.

Le résultat essentiel des expériences du Commandant Denis est le suivant : si au lieu d'avoir affaire aux conditions spéciales de travail du tour d'essai Herbert, on a

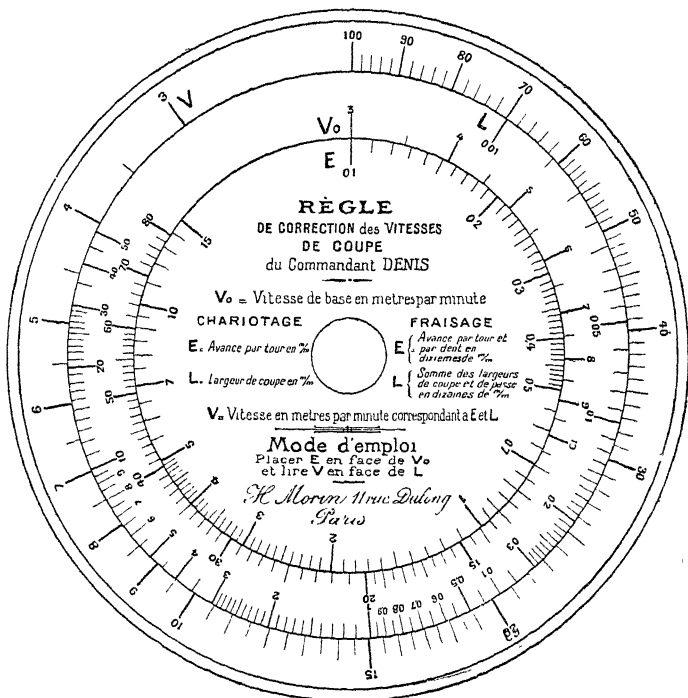


FIG. 15.

RÈGLE DU C^t DENIS (Cliché H. Morin).

un outil de forme ordinaire travaillant sur un métal différent avec un serrage et une avance différents, on peut régler la vitesse de coupe à diverses valeurs et tracer une courbe donnant la production totale de l'outil

en fonction de la vitesse de coupe. Or, cette courbe ne diffère de la courbe relevée sur le tour Herbert que par un simple changement des échelles.

De cette observation on tire les conclusions suivantes :

TABLEAU DES VITESSES

de moindre usure V_0 en mètres par minute
pour les conditions de coupe-types
(Chamotage à sec fraissage lubrifié)

MATIÈRES USINÉES	Aciers au carbone et aciers spéciaux		Forme générale des courbes de débit	Aciers rapides ordinaires		Aciers rapides supérieurs	
	Ch	Fr		Ch	Fr	Ch	Fr
LAITON de décolletage	22	20		52	24	62	30
BRONZE 90/10	19	19		45	22	54	28
d° 88 1/2	17	18		39	20	47	25
BRONZE DUR	15	17		34	19	41	23
FONTE GRISE	13	16		30	17	36	21
ACIER A 30 K ⁹	13	16		30	17	36	21
d° 40 K ⁹	11	14		26	15	31	19
d° 50 K ⁹	9	13		22	14	26	18
d° 60 K ⁹	7	12		18	13	22	16
d° 70 K ⁹	6	11		15	12	18	15
d° 80 K ⁹	4,5	10		12	11	14	13
d° 90 K ⁹	3	9,5		9	10,5	11	12
d° 100 K ⁹	2	9		6	10	8	11
FONTE ACIERÉE	1,5	8,5		5	9,5	6,5	10,5
ACIER A 110 K ⁹ OU ACIER NT A 25%	1	8		4	9	5	10
Conditions de coupe-types	Chamotage		Avance par tour 0"-5 largeur de coupe 3"-				
	Fraisage		Avance par t. ou par dent 0"-0,05 Somme des angles de coupe et de passe 50°				

Travaux avec lubrification { Augmenter V_0 de moitié (Chamotage)
abondante sans pression { d° du quart (Fraisage)

Travaux de fraissage { Réduire V_0 aux $\frac{1}{2}$
à sec { de sa valeur

V_0 = Vitesse de moindre usure en mètres par minute
 $V_0 \cdot \frac{1}{2}$ = Vitesse économique pratique
 $V_0 \cdot \frac{1}{3}$ = Vitesse de coupe limite pratique

Courbe N°1

Courbe N°2

FIG. 15 bis.

TABLEAU DES VITESSES DE MOINDRE USURE (Cliché H. Morin)

Pour une passe de serrage et d'avance donnés dans une pièce déterminée, il y a une vitesse de coupe de moindre usure V_0 , une vitesse limite V_1 et une vitesse

économique V_e moyenne entre les deux précédentes. Ces vitesses sont proportionnelles aux vitesses correspondant au travail sur tour d'essai Herbert.

Au lieu de prendre pour terme de comparaison les résultats du tour d'essai Herbert, on peut prendre les valeurs proportionnelles des vitesses V_0 , V_e et V_1 correspondant à un mode de travail usuel, par exemple pour un tour à un serrage de 5 mm et à une avance par tour de 0,5 mm.

Pour calculer la vitesse de coupe convenant à un travail, on appliquera la règle suivante :

Le débit ou production totale d'un outil reste constant lorsque la vitesse de coupe varie en raison inverse de la racine cubique du produit du carré de l'avance par le serrage.

On en conclut que si l'on connaît la vitesse de moindre usure V_0 pour les conditions types du chariotage ($S = 5$, $a = 0,5$), la nouvelle vitesse de moindre usure V'_0 sera pour un serrage S' et une avance a' :

$$V'_0 = V_0 \sqrt[3]{\frac{a^2 S}{a'^2 S'}}$$

La vitesse de coupe économique sera en général choisie égale à $1,33 V'_0$ (1). Le calcul du coefficient $\sqrt[3]{\frac{a^2 S}{a'^2 S'}}$ se fait très aisément au moyen d'une règle à calcul établie par le Commandant Denis.

La formule ci-dessus peut s'écrire :

$$\log V'_0 = \log V_0 + \frac{2}{3} \log a + \frac{1}{3} \log S - \frac{2}{3} \log a' - \frac{1}{3} \log S'$$

C'est-à-dire

$$\frac{1}{3} \log S' = \log V_0 - \frac{2}{3} \log a' + \frac{2}{3} \log a + \frac{1}{3} \log S - \log V'_0$$

(1) Certains aciers donnent des courbes de débit en fonction de la vitesse de coupe qui présentent deux maxima. Les règles pratiques sont alors un peu différentes (Voir fig. 15 bis).

La règle de la figure 15 matérialise cette égalité.

Le changement de l'avance et du serrage par rapport aux conditions types ne modifie pas le débit total d'un outil, mais il affecte le débit horaire. Nous n'établirons pas les formules qui permettent de passer du débit type correspondant à l'avance de 5 mm et au serrage de 5 mm au débit correspondant à une avance a et un serrage S . Ce calcul n'offre d'ailleurs aucune difficulté.

22. Application au fraisage. — Le Commandant Denis ne s'est pas limité à l'étude du chariotage (tour ou raboteuse). La fraise travaille d'une manière analogue : chaque dent enlève un copeau d'épaisseur égale à l'avance par tour divisée par le nombre de dents.

Les expériences conduisent à admettre pour le rapport entre la production totale de la fraise et la vitesse de coupe les mêmes lois que pour le chariotage. La vitesse de moindre usure V_0 varie suivant la même loi que précédemment à condition de remplacer l'avance par l'avance par tour et par dent, et le serrage par la somme de la largeur de la passe et de son épaisseur (largeur de coupe et de passe). Les conditions types sont 0,05 mm. d'avance par tour et par dent et 50 mm pour la somme des largeurs de coupe et de passe. Les mêmes règles à calcul peuvent servir, grâce à ce choix des conditions types.

23. Comparaison entre les travaux de Taylor et du Commandant Denis. — Ces deux expérimentateurs se sont posé des problèmes assez différents en raison des progrès réalisés dans la construction des machines-outils et aussi en raison de la différence des fabrications dont chacun paraît avoir eu surtout à s'occuper. Taylor semble s'être intéressé principalement aux travaux exigeant l'enlèvement de gros poids de métal comme le dégrossissage d'essieux de wagons ou de bandages de roues. Pour

les travaux de ce genre, en même temps que l'usure de l'outil, il faut considérer la puissance d'entraînement de la courroie du tour, puissance qui était tout à fait insuffisante sur les machines construites il y a quarante ou cinquante ans, à l'époque du début des expériences de Taylor. Cette insuffisance des courroies s'est encore accentuée quand l'acier rapide a permis d'augmenter considérablement la puissance utilisée par les outils. Taylor a donc été toute sa vie obsédé par la question des courroies, auxquelles il a d'ailleurs consacré une importante étude.

C'est pourquoi le problème qu'il a voulu résoudre, c'est de proportionner les conditions de coupe à la fois à la résistance de l'outil et à la puissance d'entraînement de la courroie de la machine.

Dans les données de ce problème entrent les caractéristiques de la machine. D'où la nécessité de construire pour chaque tour d'un atelier une règle à calcul spéciale.

Le Commandant Denis au contraire a effectué ses expériences avec un outillage moderne pour lequel la puissance motrice est surabondante, soit que la largeur des poulies de transmission soit proportionnellement plus grande que sur les anciennes machines, soit que la commande soit effectuée par moteur électrique et engrenages ou chaîne sans fin. D'autre part, la fabrication des obus, dont l'extraordinaire importance a permis des essais beaucoup plus poussés qu'on n'avait pu le faire jusqu'à présent, ne comporte pas de dégrossissages très importants, parce que la pièce brute est forgée par des procédés très précis qui permettent de ne réserver que peu de matière pour le finissage. On a donc été amené à laisser de côté la question de la puissance d'entraînement.

Finalement, pour l'usinage d'un obus, le serrage se trouve déterminé par l'épaisseur du métal en excédent

sur la pièce brute (une seule passe suffit presque toujours). L'avance est déterminée tantôt par le degré de poli de la surface que l'on veut obtenir, tantôt par le broutement. Personne ne paraît avoir jusqu'à présent résolu la question du broutement, et on ne peut que s'en rapporter au jugement du rédacteur de la fiche d'instruction pour la détermination de l'avance maximum qui ne donne pas naissance à des vibrations. L'avance et le serrage fixés, la vitesse de coupe est la seule variable à calculer. Les règles du Commandant Denis permettent cette détermination. Comme c'est l'usure de l'outil qui est seule en jeu, ses règles à calcul servent pour toutes les machines-outils travaillant par chariotage ou fraisage et non à une seule comme celles de Taylor.

Enfin, les essais du Commandant Denis ont été effectués dans les Ateliers de l'Artillerie où les matières employées sont rigoureusement réceptionnées et dûment classées. Il a donc été possible de déterminer l'influence de la qualité de la matière travaillée sur les conditions de coupe, problème que n'avait pas pu résoudre Taylor, en raison sans doute de la trop grande variété des matériaux commerciaux sur lesquels il expérimentait. Finalement les procédés de détermination de la vitesse de coupe imaginés par le Commandant Denis sont d'une application beaucoup plus immédiate et plus aisée que ceux de Taylor, qui exigent la confection de règles à calcul individuelles pour toutes les machines-outils. De plus, le Commandant Denis a donné des règles pour le travail des fraises, problème auquel Taylor ne s'est pas attaqué.

24. Degré de précision des déterminations. — Il est impossible de fixer avec certitude le degré d'approximation des vitesses de coupe déterminées par les procédés

de Taylor et du commandant Denis. On ne peut pas toutefois ne pas constater que la solution du problème a exigé un assez grand nombre d'hypothèses simplificatrices qui manifestement ne sont que d'une exactitude approximative.

Certes, ces hypothèses fournissent pour la détermination des procédés de travail une base beaucoup plus solide que l'expérience des ouvriers, mais les résultats que l'on en tire ne sont qu'approchés, et, comme l'une des préoccupations des expérimentateurs est de ne jamais imposer aux ouvriers des tâches impossibles, les résultats calculés correspondent à une production inférieure au maximum possible. Telle qu'elle est, cette production est très acceptable pour la fabrication d'un nombre de pièces limité ; mais s'il s'agit d'une très grande série se poursuivant pendant des années, comme la fabrication des obus de 75 pendant la guerre, on peut compter que la production ira sans cesse en augmentant parce que l'expérience acquise permettra d'accélérer progressivement celles des phases du travail pour lesquelles l'ignorance des lois réelles de la coupe des métaux avait conduit à adopter des vitesses de coupe trop lentes.

Cette remarque est contraire à la prétention de Taylor de déterminer du premier coup le temps minimum de fabrication d'un objet. Elle a trouvé son application au paragraphe 7 du présent chapitre.

CHAPITRE IV

LES DIVERS MODES DE RÉMUNÉRATION DU TRAVAIL

Le bureau de préparation a déterminé le temps T qui, dans des conditions normales, est nécessaire pour effectuer un travail. L'ouvrier l'accomplit dans le temps t . Quelle rémunération devra-t-on accorder à l'ouvrier ?

1. Salaire à la journée. — La méthode la plus simple, celle qui peut être appliquée à toute opération, puisqu'elle n'exige pas la connaissance de T , c'est de payer l'ouvrier proportionnellement au temps qu'il a consacré au travail, c'est-à-dire de le payer à la journée.

Le salaire à la journée a ses avantages. C'est le seul qui soit applicable quand le travail ne peut être défini à l'avance, comme la visite d'un appareil particulier en vue de sa réparation. Il s'impose également pour des travaux qui exigent une exécution très soignée que l'on ne peut pas vérifier une fois l'opération achevée, et pour lesquels du soin de l'ouvrier dépend toute la sécurité de la fabrication. Dans ce cas, d'ailleurs rare, on doit éviter de donner à l'opérateur la tentation de négliger les précautions nécessaires pour gagner du temps et augmenter son gain.

Dans un autre ordre d'idées, le salaire à la journée

permet de faire entrer facilement en ligne de compte l'ancienneté du personnel, son exactitude, sa capacité professionnelle.

Toutefois il a le grave défaut d'inciter à la flânerie. S'il est sans inconvénient dans un très petit atelier où l'ouvrier travaille constamment en collaboration avec un patron qui l'entraîne par son exemple, il mène dans les grands ateliers aux plus déplorables abus. Les plus zélés finissent par se décourager en voyant des salaires égaux ou presque aux leurs accordés à des paresseux et ils ne tardent pas à suivre leur déplorable exemple. Le patron est obligé de réagir par une surveillance et des reproches continuels, cause permanente de tiraillements et de mécontentements.

2. Salaire aux pièces. — Aussi simple que le précédent, le salaire aux pièces consiste à payer l'ouvrier suivant un tarif fixé à l'avance, d'après le travail fait, et sans s'occuper ni du temps qui y a été consacré, ni de la personne qui s'y est employée. Appliqué sans discernement, ce mode de rémunération peut avoir les conséquences les plus fâcheuses.

Nous avons esquissé d'après Taylor dans le premier chapitre la lutte qui s'établissait entre patron et ouvriers lorsque les tarifs de tâche, fixés par les résultats des premières fabrications, étaient sans cesse révisés à mesure que la production s'élevait.

Lorsque, pour engager les ouvriers à ne plus limiter leur effort, le patron a pris l'engagement de ne pas abaisser le tarif, quelle que fût la production, les inconvénients n'ont pas été moins grands. La production s'est accrue dans de très grandes proportions, mais le prix de revient s'est trouvé très peu abaissé, puisque seul, le total des frais généraux imputable à chaque objet a été diminué.

Si le rendement de la main-d'œuvre augmente notablement, on arrive à une production supérieure aux besoins du consommateur qui n'accroît pas sa demande, car il n'y est pas incité par une baisse de prix. Il faut faire chômer les ouvriers ou en congédier une partie et la somme que chacun d'eux touche en moyenne redevient ce qu'elle était avant l'augmentation de la production. Il est donc nécessaire que l'augmentation de production s'accompagne d'une baisse de prix.

Qui en profite ? Le consommateur, à coup sûr, puisque le fabricant est conduit à baisser son prix de vente pour augmenter l'écoulement de sa marchandise.

Si l'on suppose que l'industriel calcule ce prix proportionnellement au coût de la fabrication, on peut assimiler son rôle d'intermédiaire entre le consommateur et l'ouvrier à celui d'un véritable courtier et dans ces conditions le bénéfice partiel du patron qui correspond à la fraction main-d'œuvre du prix de revient est rigoureusement proportionnel aux sommes touchées par les ouvriers. Les accroissements relatifs de leurs bénéfices sont égaux.

Mais l'hypothèse d'un taux de bénéfice constant ne correspond que rarement à la réalité. C'est le cas par exemple des travaux effectués en régie, et l'on sait qu'alors les intérêts du consommateur ont souvent à souffrir du fait que patron et ouvriers bénéficient de toute augmentation du montant des travaux. Pendant la guerre, l'État pouvait, dans une certaine mesure, obtenir que le montant des bénéfices restât dans un rapport convenable avec le montant des travaux, mais il n'a pu s'opposer à l'augmentation progressive de la cherté de la main-d'œuvre dont les patrons avaient leur part. Il n'est que juste d'ailleurs de rappeler que bien des patrons ont senti le danger national que repré-

sentaient cette augmentation et qu'ils ont cherché à s'y opposer de toutes leurs forces.

Mais les exemples que nous venons de citer sont exceptionnels. En général prix et bénéfices s'établissent suivant la loi de l'offre et de la demande entre consommateurs, patrons et ouvriers. L'étude des conditions dans lesquelles s'établit l'équilibre entre les intérêts de chacun sortirait du cadre du présent livre. Il suffit que l'on reconnaisse la nécessité que toute augmentation de production soit accompagnée d'une réduction du prix de revient.

Dans un autre ordre d'idées, on peut reprocher au salaire aux pièces de ne pas faire entrer en ligne de compte les qualités individuelles de l'ouvrier, bien que, à égalité apparente de production, le patron ait intérêt à employer des hommes présentant des qualités morales ou professionnelles élevées et à se les attacher par des avantages pécuniaires convenables.

3. Marchandage. — Le marchandage est applicable à toute espèce de travail pouvant être confié à une équipe. Le patron discute avec le chef de celle-ci, avant l'exécution du travail, la totalité des salaires qui seront payés à l'équipe. A l'origine le chef d'équipe était un véritable sous-entrepreneur qui encaissait la totalité du forfait convenu et rémunérait comme il l'entendait les membres de son équipe. La loi française a interdit le marchandage ainsi compris et l'on désigne actuellement sous ce nom un système de salaires dans lequel le prix payé pour un travail à effectuer par une équipe est bien fixé à forfait après discussion avec le chef d'équipe, mais où cette somme est répartie par les soins du patron entre les membres de l'équipe proportionnellement au salaire de chacun d'eux et au temps qu'il a passé sur le travail, avec garantie d'un salaire moyen journalier minimum.

Le marchandage a souvent été appliqué aux travaux de constructions mécaniques ou de constructions navales. Les résultats qu'il donne sont fort aléatoires, parce que la discussion entre patrons et ouvriers ne s'établit jamais sur des bases scientifiques, mais bien sur une comparaison plus ou moins vague avec des travaux de même genre exécutés antérieurement.

Les erreurs d'évaluation sur l'importance des travaux sont aussi préjudiciables aux intérêts du patron quand elles conduisent à fixer une somme trop basse que dans le cas contraire, principalement lorsque le travail est de très longue durée. Les ouvriers ne tardent pas, en effet, à s'apercevoir qu'il leur sera impossible sur cette tâche d'augmenter leur salaire normal et qu'ils devront se contenter du minimum qui leur est garanti. Leur intérêt serait de travailler malgré cela avec la plus grande activité possible pour se débarrasser de cette entreprise désavantageuse et commencer ensuite une tâche plus rémunératrice. L'expérience prouve au contraire que les ouvriers, conscients de travailler à la journée, se laissent aller à la flânerie inséparable de ce mode de salaire, et font traîner en longueur le travail qu'ils devraient expédier au plus vite. Finalement le patron paye pour cet ouvrage beaucoup plus qu'il n'aurait fait s'il avait consenti dès le début à un prix de marchandage plus élevé.

4. Système différentiel de Taylor. — Nous avons déjà donné au premier chapitre le principe du système différentiel de Taylor. Ayant déterminé avec une grande exactitude le minimum absolu du temps nécessaire pour faire un travail, le patron peut fixer un tarif à la pièce tel qu'un ouvrier ne dépassant pas ce temps minimum touchera un salaire élevé sans doute, mais néanmoins admissible. Au contraire, si le temps mis par l'ouvrier

dépasse ce minimum d'une certaine proportion, le prix payé par pièce est diminué. De cette manière, les ouvriers de faible production, qui obèrent le chapitre frais généraux du budget de l'usine, sont découragés de rester dans un atelier où, pour un travail souvent supérieur à celui qu'on exigerait d'eux dans un autre établissement de la région, ils reçoivent un salaire moindre.

La tolérance sur le temps accordé peut varier. Nous avons déjà vu, à propos des études de temps, que la durée normale du travail indiquée sur la fiche de fabrication n'est pas un minimum absolu, mais qu'en réalité le minimum calculé a été abondé d'une fraction variable suivant la nature de l'ouvrage, notamment suivant la proportion de la durée des opérations purement manuelles par rapport à la durée totale.

Si cette tolérance, qui est indispensable pour tenir compte des causes de retard fortuites, est suffisante, on peut admettre que, sauf négligence, ce temps ne sera jamais dépassé et que le salaire par pièce sera équitablement diminué, dès que le temps effectif t dépassera le temps accordé T . C'est ainsi que Taylor a appliqué son tarif différentiel. On peut évidemment accorder une tolérance supplémentaire et ne diminuer le tarif par pièce que quand la production réelle est inférieure à la production normale d'un pourcentage déterminé.

Le système différentiel diffère très peu du travail aux pièces. Ce qu'il avait de nouveau, quand Taylor l'a utilisé pour la première fois, c'est que le prix de base correspondant à la production normale, au lieu d'être le résultat d'une évaluation grossière, sujette à révision suivant la production réelle des ouvriers, avait été déduit de calculs scientifiques et que par suite, ne risquant pas de voir la production réelle dépasser de beaucoup les prévisions, le patron pouvait s'engager à ne jamais

baissier ce tarif, sauf variation générale du cours de la main-d'œuvre ou modifications à l'outillage.

Les principales objections faites au salaire aux pièces, l'invitation au surmenage, le danger de la surproduction sans diminution corrélative du prix de revient, militent donc contre le salaire différentiel. Toutefois, les principales applications qu'en a faites Taylor ne donnent pas prise à ces critiques.

Ainsi, Taylor (1) cite comme application particulièrement heureuse du tarif différentiel la première qu'il en ait faite pour le tournage à la « Midvale Steel Company » de pièces d'acier forgé de type uniforme dont on produisait chaque année des milliers et dont la fabrication comprenait des travaux de dégrossissage très important, notamment l'enlèvement de 365 kilogrammes de copeaux en 10 heures.

La durée d'un travail de ce genre se compose principalement de celle des passes faites sur la machine. L'ouvrier n'est pas maître d'en modifier la durée, du moins s'il se conforme à la fiche de fabrication ; or, il lui est interdit de s'en écarter, même si la méthode de fabrication qui lui est imposée n'est pas la plus économique, comme elle est censée l'être. Dans ces conditions, le seul point sur lequel s'emploie l'activité de l'ouvrier, c'est à accélérer les manœuvres du chariot, les changements d'outils, etc. Il est clair que le gain de temps qu'il peut faire sur ces opérations, qui ne représentent qu'une faible fraction de la durée totale, est très limité. En somme, dans un travail du genre précédent, le patron fixe à l'ouvrier une tâche journalière, difficile à exécuter complètement. Il ne doit pas s'attendre à ce que l'ouvrier accomplisse davantage, ni même le désirer. Si la tâche n'est pas accomplie, l'ouvrier doit en être puni,

(1) TAYLOR, VI, § 79.

non seulement en réduisant son salaire dans la proportion de sa production, mais davantage, par la réduction du tarif, en lui imposant ainsi une véritable amende.

Il y a néanmoins bien des travaux où il paraît difficile de fixer un minimum de durée absolu : ce sont en particulier tous les travaux purement manuels. Nous avons indiqué, à propos des études de temps, qu'il convenait de modifier le temps accordé suivant qu'il s'agissait de séries petites, moyennes ou grandes. L'expérience prouve, en effet, que l'ouvrier progresse pendant très longtemps. Si dès l'abord on fixait la durée de fabrication normale au chiffre qui sera réalisé finalement, l'ouvrier ne pourrait se conformer au temps fixé pendant sa période d'apprentissage. Son salaire journalier se trouverait réduit, ce qui serait injuste et le découragerait.

J'ajouterai que l'application du tarif réduit a tout le caractère d'une amende pour insuffisance de production, et que cette amende est perçue au profit du patron. Or, si l'application d'amendes paraît la meilleure sanction pour les manquements du personnel qui ne justifieraient pas un renvoi, c'est une règle généralement admise que l'amende ne doit jamais être perçue au profit du patron, mais qu'elle doit être versée à une caisse de secours, par exemple, et profiter à l'ensemble des ouvriers. Si donc le principe du système différentiel paraissait devoir être conservé, la diminution de salaire résultant du changement de tarif devrait être versée à une œuvre profitant au personnel et non au patron.

Nous ajouterons qu'il est équitable que l'ouvrier soit autorisé à justifier son retard et à l'exonérer de toute pénalité si ce dernier résulte d'un cas de force majeure ; par exemple la nuance d'acier de la pièce peut être un peu plus dure que celle qui a été prévue et ne pas permettre la vitesse de coupe indiquée par la fiche de fabri-

cation. D'autres excuses sont valables, notamment un état de fatigue exceptionnel résultant d'une indisposition. On peut toutefois remarquer que si les excuses de ce genre sont admises, on ne voit plus quand on pourra utiliser le tarif inférieur, sauf dans le cas de flânerie bien caractérisée où les sanctions ordinaires peuvent être appliquées. Effectivement, certaines usines américaines, qui théoriquement emploient le système différentiel, ne font plus figurer le tarif inférieur sur les fiches remises aux ouvriers parce que, en réalité, ce tarif ne sert jamais.

Mais la principale objection à faire à l'emploi du tarif différentiel, c'est le fait que la somme payée à l'ouvrier par pièce ne diminue pas quand la production augmente, sauf quand les frais généraux constituent une part très importante du prix de revient. C'était d'ailleurs précisément ce qui se passait pour la fabrication de la « Midvale Steel Company » citée par Taylor, pour laquelle les frais de machine-outil étaient sensiblement égaux au salaire payé à l'ouvrier.

Quand la main-d'œuvre directement appliquée constitue l'élément essentiel du prix de revient, il faut avoir recours à un des procédés de rémunération dont nous allons expliquer le mécanisme.

5. Système Halsey. — Ce mode de paiement, le plus ancien de ceux qui répondent aux préoccupations précédentes, a reçu son nom de l'usine Weir-Halsey de Glasgow où il a été appliqué pour la première fois.

Dans ce système, si T est le temps accordé pour un travail et t le temps réellement passé, lequel est généralement moindre que T , on paye à l'ouvrier le salaire correspondant au temps t , augmenté d'une fraction déterminée de $T - t$, laquelle constitue une prime.

Suivant le cas, la prime équivaut au salaire corres-

pondant au tiers, aux quarante centièmes, à la moitié du temps gagné. Dans ce dernier cas, on dit, assez improprement, que le bénéfice résultant de l'économie de temps est partagé également entre le patron et l'ouvrier.

Si comme on l'a fait quelquefois, on paye intégralement à l'ouvrier le temps gagné, le système Halsey est sensiblement équivalent au travail aux pièces et il en présente tous les inconvénients.

Avec les coefficients 0,33, 0,4 ou 0,5 au contraire, le prix de revient baisse avec la production. Toutefois, en cas d'erreur grossière sur l'évaluation du temps T , l'augmentation des sommes payées aux ouvriers devient excessive. Pour éviter cet inconvénient on a inventé le système ci-après.

6. Système Rowan. — Il a reçu son nom d'une autre société de Glasgow. On paye à l'ouvrier le salaire horaire S

$$\left[t + (T - t) \frac{t}{T} \right] S.$$

On voit que la fraction du temps économisée payée à l'ouvrier diminue à mesure que la production augmente. Si on fait $t = 0$ le salaire devient nul : à une production infinie correspondrait un prix de revient unitaire nul.

Dans le système Rowan-Cardullo, la formule ci-dessus est complétée par un coefficient K au plus égal à l'unité

$$\left[t + K (T - t) \frac{t}{T} \right] S.$$

7. Étude algébrique du problème. — Il serait fastidieux d'énumérer tous les systèmes qui ont été proposés pour la fixation du salaire des ouvriers en fonction des temps t et T . Le problème peut être traité par l'algèbre de la manière suivante (1).

(1) *Formules de salaires*, par G. PAINVIN. Dunod, éditeur.

Nous appellerons activité m le rapport $\frac{T}{t}$. Il est clair que c'est uniquement de ce rapport que devra dépendre la modification à apporter au salaire de base de l'ouvrier pour tenir compte de sa production et que le salaire réel payé à l'ouvrier pour chaque heure consacrée au travail dont il s'agit sera

$$S = S_0 f(m),$$

S_0 étant le salaire normal de chaque ouvrier pour une activité ordinaire, par exemple le salaire à la journée. C'est la fonction $f(m)$ qui caractérise le système de rémunération adopté.

Ainsi, pour le salaire à la journée, $f(m) = 1$, quel que soit m .

Avec le salaire aux pièces,

$$f(m) = m.$$

Avec le système Halsey, où l'on paye à l'ouvrier un salaire

$$[t + K(T - t)] S_0$$

pour une opération qui a duré effectivement t , le salaire horaire est :

$$\left[1 + K \frac{T - t}{t} \right] S_0 ;$$

c'est-à-dire que

$$f(m) = 1 + K(m - 1).$$

Dans le système Rowan-Cardullo, le salaire total payé pour un travail qui a duré t est :

$$\left[t + K(T - t) \frac{t}{T} \right] S_0,$$

et on a :

$$f(m) = \frac{t + K(T - t) \frac{t}{T}}{t},$$

c'est-à-dire

$$f(m) = 1 + K \left(1 - \frac{1}{m} \right).$$

8. Prime ou boni de l'ouvrier et baisse du prix de revient. — Nous avons vu que le système adopté pour le paiement des salaires devait satisfaire à deux conditions : encourager l'ouvrier à augmenter sa production et diminuer le prix de revient quand la production augmente. Lorsque l'ouvrier touche par heure un salaire égal à $f(m) S_0$, il a augmenté son salaire horaire de $S_0 [f(m) - 1]$.

Nous appellerons prime ou boni de l'ouvrier la quantité

$$P = f(m) - 1.$$

C'est l'augmentation relative du salaire horaire de l'ouvrier.

Le prix de revient de base était $S_0 T$. Le prix de revient réel est :

$$t f(m) S_0.$$

Le prix de revient a donc diminué de

$$[T - t f(m)] S_0,$$

c'est-à-dire de

$$S_0 T \left[1 - \frac{f(m)}{m} \right].$$

Nous appellerons baisse du prix de revient la quantité

$$R = 1 - \frac{f(m)}{m}.$$

C'est la diminution relative de la valeur de la main-d'œuvre nécessaire pour effectuer un travail par rapport à celle résultant du temps de base.

On vérifie immédiatement qu'avec le salaire à la journée la prime est nulle et qu'avec le salaire aux pièces la baisse du prix de revient est nulle.

Avec le système Halsey,

$$P = K (m - 1),$$

$$R = 1 - \frac{1 + K (m - 1)}{m} = \frac{(1 - K) (m - 1)}{m}.$$

Avec le système Cardullo,

$$P = K \left[1 - \frac{1}{m} \right],$$

$$R = 1 - \frac{1 + K \left(1 - \frac{1}{m} \right)}{m} = \frac{(m - 1) (m - K)}{m^2}.$$

9. Représentation graphique. — On peut facilement comparer les divers genres de rémunération en portant

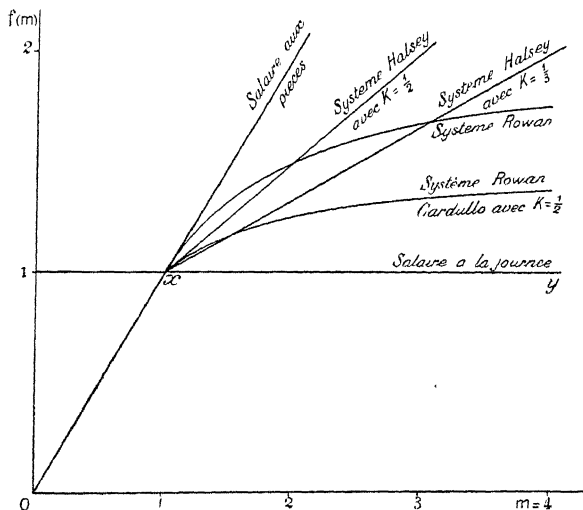


FIG. 16.
VARIATION DE LA RÉMUNÉRATION (graphique).

en abscisse les valeurs de m et en ordonnée soit la fonction $f(m)$, soit P, soit R. La figure 16 montre comment varie le salaire de l'ouvrier en fonction du rapport $\frac{T}{t} = m$.

La prime égale à $f(m) - 1$ est donnée par les mêmes

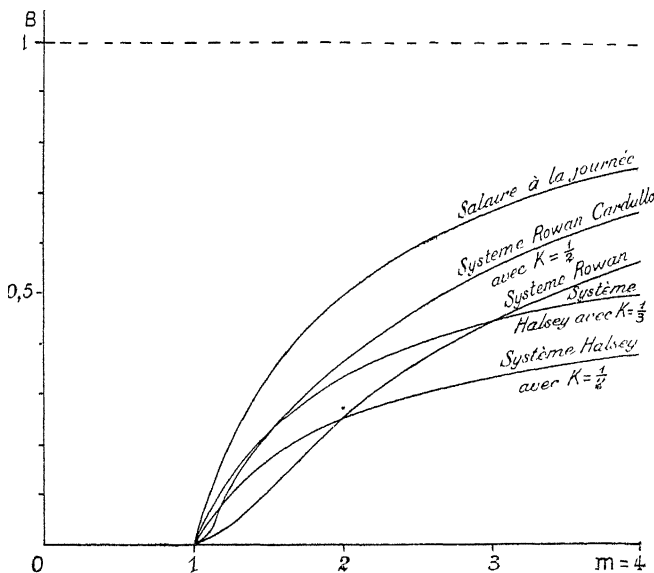


FIG. 17.

VARIATION DES PRIX DE REVIENT (graphique)

courbes en mesurant les ordonnées à partir de l'axe xy (fig. 16).

La figure 17 montre comment varie le prix de revient.

Les valeurs ont été calculées pour m compris entre 1 et 4. Les valeurs inférieures à l'unité ne sont pas inté-

ressantes parce qu'il est toujours garanti un minimum de salaire à l'ouvrier, minimum qui lui est payé même s'il n'a pas accompli la tâche fixée. Les valeurs de m supérieures à 4 ne paraissent pas devoir être examinées.

Les deux dernières courbes sont les plus intéressantes. Elles montrent l'inconvénient du système Halsey qui, quel que soit le coefficient K adopté, donne une baisse du prix de revient insuffisante pour les grandes productions. Le système Rowan et sa modification, le système Cardullo, donnent au contraire une baisse rapide du prix de revient. Peut-être même la baisse est-elle trop rapide et l'ouvrier n'est-il pas suffisamment incité à pousser sa production au maximum désirable.

10. Détermination d'un mode de salaire répondant à certaines conditions. — Les diverses formules de paiement ont été imaginées bien avant que l'on ait songé à une théorie mathématique générale et on a simplement cherché à agir dans un sens déterminé, tendant par exemple à la diminution du prix de revient pour les grandes productions dans le cas du système Rowan-Cardullo. Les considérations que nous venons d'exposer permettent de trouver sans tâtonnement la formule de salaire satisfaisant à une condition précise déterminée.

Supposons par exemple que l'on veuille adopter un mode de salaire tel que, lorsque le prix de revient baisse de n %, le salaire payé à l'ouvrier augmente de $2n$ %. Il suffira d'écrire, avec les notations ci-dessus que $P = 2R$. Il viendra :

$$f(m) - 1 = 2 \left(1 - \frac{f(m)}{m} \right).$$

D'où l'on tire,

$$f(m) = \frac{3m}{m+2}.$$

Il suffit de remplacer $f(m)$ par sa valeur $\frac{S}{S_0}$ et m par sa valeur $\frac{T}{t}$ pour trouver la formule de salaire, laquelle donne, tous calculs faits, pour la somme à payer à l'ouvrier,

$$St = \frac{3Tt}{T+2t} S_0.$$

Une autre application sera la suivante : imaginons que le temps T ait été déterminé suivant un procédé dont nous avons d'ailleurs fait la critique, en se basant sur la production d'ouvriers travaillant à la journée, sans y apporter de correction. Supposons que l'on escompte que la production des ouvriers doublera quand ils seront mis à la tâche et que l'on estime que la prime qui convient pour les inciter à faire cet effort est de 30 %. Il suffira d'écrire que, pour $m = 2$, la prime doit être égale à 0,3, c'est-à-dire que

$$0,3 = f(2) - 1.$$

D'où l'on tire :

$$f(2) = 1,3.$$

Si l'on emploie le système Rowan-Cardullo par exemple, on écrira donc en remplaçant $f(2)$ par la valeur développée correspondant à ce système :

$$f(2) = 1 + K \left(1 - \frac{1}{2} \right) = 1,3.$$

On en tire :

$$K = 0,6.$$

11. Application des tarifs. — L'application des tarifs n'est pas également simple. Le tarif à la journée et le tarif aux pièces sont d'une application immédiate. Le système Halsey ne donne lieu qu'à des calculs élémentaires ; le temps gagné qui figure sur la fiche est mul-

multiplié par le coefficient adopté, généralement 1/2 ou 1/3 et le résultat de cette opération est ajouté au temps effectivement dépensé pour déterminer le salaire.

L'emploi des systèmes Rowan ou Rowan-Cardullo exige déjà une arithmétique un peu plus compliquée, puisque la formule de salaire s'écrit

$$S t = \left[1 + K \frac{T - t}{T} \right] t . S_0 .$$

Le calcul rapide des salaires suivant ces formules exige l'emploi de barèmes. Les temps T et t sont en général fournis en heures et en minutes (1). Un premier barème permet de transformer les minutes en fraction décimale de l'heure.

Il y a intérêt à passer par l'intermédiaire de la fonction $f(m)$. Le quotient $\frac{T}{t}$ peut être obtenu avec une règle à calcul de 50 cm. qui donne quatre chiffres significatifs exacts.

Un barème permet de passer de la valeur de m à celle de $f(m)$ ou mieux de $P = f(m) - 1$ qui représente la prime proportionnelle de l'ouvrier.

Le produit $P . S_0 . t$ donne la prime à payer à l'ouvrier. Il est commode de faire le produit $P S_0$ et de lire dans un barème le salaire correspondant à une durée de travail t au tarif $P S_0$.

12. Formules simplifiées. — Certaines grandes industries emploient des ouvriers dont les salaires diffèrent par faibles degrés : ce sera le cas par exemple d'une usine

(1) Une usine américaine organisée suivant le système Taylor possède dans tous ses ateliers des horloges électriques réglées par une horloge-mère qui donnent le temps en heures et centièmes d'heure. Le remplacement de la division sexagésimale de l'heure par une division décimale facilite les calculs de la comptabilité, mais a dû bien choquer les habitudes du personnel.

ayant un personnel permanent dont les salaires sont régulièrement accrus à l'ancienneté. De plus les circonstances actuelles conduisent à payer en plus des salaires proprement dits, des indemnités de vie chère, pour charges de famille, etc. Il ne paraît pas utile de différencier de la même manière les primes à affecter pour une tâche déterminée effectuée dans le même temps par des ouvriers différents. C'est ainsi que la Marine Nationale a adopté le système de primes ci-après pour les ouvriers des Constructions Navales. Le temps gagné $T - t$ est payé à une valeur uniforme qui s'éloigne peu de la moitié du prix de l'heure. Ce tarif revient donc sensiblement à l'application du système Halsey. Toutefois pour éviter les inconvénients de ce système quand le coefficient d'activité est élevé, notamment l'encouragement au surmenage, le temps gagné qui est pris comme point de départ du calcul du salaire est limité à 40 % du temps de base T .

On a alors :

$$T - t = 0,4 T.$$

D'où,

$$m = \frac{T}{t} = \frac{5}{3} = 1,666.$$

Au-dessus de cette valeur de m , le salaire horaire de l'ouvrier augmente très peu avec l'activité. Si l'on admet que la prime payée par heure gagnée est exactement la moitié du prix de l'heure, et que l'on se trouve par suite dans le système Halsey, la formule de paiement est :

$$f(m) = 1 + \frac{1}{2} (m - 1) = \frac{1}{2} + \frac{m}{2},$$

avec

$$1 < m < \frac{5}{3}.$$

Si $m > \frac{5}{3}$ la somme payée pour un travail devient

$$f(m) S_0 t = S_0 t + \frac{1}{2} \times 0.4 T.S_0$$

c'est-à-dire

$$f(m) = 1 + \frac{m}{5}.$$

La courbe I à point anguleux donne la valeur de $f(m)$ pour m compris entre 1 et 4. Concurrément avec la for-

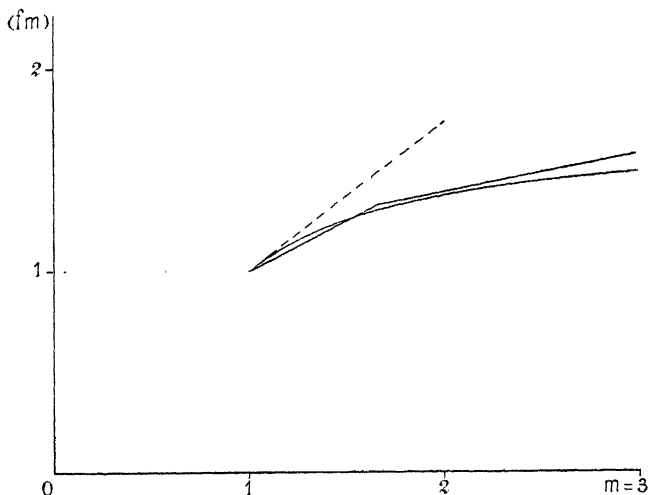


FIG. 18.
VARIATION DES SALAIRES AVEC L'ACTIVITÉ.

mule précédente, la Marine Nationale emploie une formule dérivée du système Rowan-Cardullo dans lequel le temps gagné $T - t$ donne lieu à une prime

$$A (T - t) \frac{t}{T}$$

pour laquelle le facteur A est égal à une fois et demie la

prime donnée dans le système précédent et vaut par conséquent les trois quarts de la journée moyenne. Pour un ouvrier dont le salaire est égal au salaire moyen, on voit que le système employé revient au salaire Rowan-Cardullo avec $K = 0,75$. La courbe II continue donne la valeur de $f(m)$ correspondant à ce salaire. On voit que les courbes I et II s'écartent peu l'une de l'autre.

Le salaire I a l'avantage d'être d'une application numérique simple. Les ouvriers peuvent facilement calculer eux-mêmes le montant de la prime qu'ils ont gagnée et vérifier leur salaire. Le système Rowan est d'application plus difficile ; par contre, il a l'avantage de donner une prime qui varie continuellement avec l'activité. Le changement brusque de tarif qui se produit avec le premier système pour $m = 1,66$ est de nature à décourager les ouvriers de dépasser ce chiffre. C'est d'ailleurs le but qu'on s'était proposé en vue d'éviter le surmenage.

13. Nécessité d'une détermination rigoureuse du temps de base. — Une opinion assez répandue conduit souvent à affirmer que le grand avantage du système Rowan est de diminuer l'importance des erreurs qui peuvent être commises dans la détermination du temps de base T. La portée de cette remarque doit être précisée.

Il est exact que le système Rowan limite le salaire horaire de l'ouvrier, quelle que soit son activité. Si, dans la formule fondamentale de ce système

$$f(m) = 2 - \frac{1}{m},$$

nous faisons m infini, le salaire est seulement doublé.

D'autre part un salaire minimum étant garanti à l'ouvrier, $f(m)$ ne peut descendre au-dessous de 1, même si l'activité tombe au-dessous de l'unité. Par

suite, quelle que soit l'erreur commise sur l'évaluation du temps T , le salaire ne peut varier que dans le rapport de 2 à 1.

Toutefois les mêmes avantages existent pour tout salaire où l'on a prévu des limites extrêmes ou simplement pour lequel la dérivée de $f(m)$ est petite pour m grand. Ainsi avec le premier système de salaires de la Marine Nationale dont la formule devient :

$$f(m) = 1 + \frac{m}{5},$$

pour $m > 1,666$, on voit qu'il faut une activité de 5, pour que le salaire horaire soit doublé.

Toutefois il est évident que le fait d'imposer des limites minima et maxima au salaire journalier ne peut compenser automatiquement les erreurs du bureau des temps et faire en sorte que quel que soit le temps de base adopté l'ouvrier touche un salaire proportionné à son effort.

Si par exemple le temps de base fixé a été le double du temps normal, l'activité apparente de l'ouvrier doublera également. S'il continue à travailler à l'activité normale son salaire ne sera pas très notablement augmenté, mais il lui suffira de faire la moitié du travail normal pour toucher le salaire qu'il aurait eu avec une activité et un temps de base normaux. En somme, à travail égal les salaires sont peu changés par les erreurs sur T , mais à salaire égal, les erreurs sur le temps T se répercutent intégralement sur la quantité de travail fournie. Cette dernière remarque est absolument générale et s'applique à tout système de salaire basé sur l'activité. Elle montre l'intérêt fondamental de la détermination rigoureuse des temps de base.

CHAPITRE V

APPLICATION DU SYSTÈME TAYLOR A DIVERSES INDUSTRIES

1. — Nous avons assez longuement étudié au chapitre III les procédés qui permettent d'organiser scientifiquement les travaux d'ajustage. C'est en effet dans des usines de constructions mécaniques que Taylor a effectué la plupart de ses études et c'est à des travaux d'ajustage que les applications les plus importantes en ont été faites. Il est donc naturel que son système s'applique particulièrement bien aux travaux de cette espèce.

Toutefois, les principes de l'organisation scientifique du travail ont un caractère d'universalité qui permet de les utiliser pour les travaux les plus simples comme pour les plus compliqués.

Cette étendue du domaine d'application de ses méthodes, Taylor lui-même a voulu la mettre en évidence par les études qu'il a entreprises à la « Bethlehem Steel Company » à propos de la manutention des gueuses de fonte et du pelletage des matériaux.

2. Manutention des gueuses. — Conformément à l'un de ses principes, Taylor n'a rien voulu changer au mode d'exécution du transport des gueuses, lequel s'effectuait

à bras, et ne s'est pas inquiété, par exemple, de substituer l'action d'une grue à la force musculaire de ses ouvriers. Il a simplement cherché à utiliser celle-ci avec le meilleur rendement possible.

Dans les pages qu'il a consacrées à exposer le résultat de ses études relatives à cette question particulière (1), Taylor a laissé dans l'ombre la description des procédés techniques employés pour s'attacher surtout au côté psychologique de la question et au profit qui en est résulté pour le patron et pour l'ouvrier.

Il explique donc seulement qu'après de nombreux relevés chronométriques, il est arrivé à la conclusion qu'un homme vigoureux qui manie des gueuses de 45 kg se fatigue à peu près autant qu'il soulève ces gueuses en les prenant sur un tas, qu'il les transporte ou qu'il reste chargé, quoique dans ces trois cas le travail effectué au sens théorique du mot soit très différent. Taylor a également reconnu que l'homme chargé peut marcher à la vitesse de 3 kilomètres à l'heure. Enfin il a constaté que l'homme ne pouvait rester chargé que pendant une fraction de la journée qui varie suivant son fardeau, et qui est de 43 % pour le poids de 45 kg.

Ces données lui ont permis de calculer le poids de fonte qu'un ouvrier peut charger dans des wagons amenés à proximité des tas. Le calcul donna 47 tonnes alors que le poids normalement chargé par jour par les ouvriers de la « Bethlehem » était de 12 tonnes $\frac{1}{2}$ seulement.

Nous ne reproduirons pas le dialogue qui s'échangea entre Taylor et l'ouvrier Schmidt qu'il choisit pour démontrer l'exactitude de son calcul. Le choix avait été déterminé par la résistance physique de Schmidt qui rentrait chez lui, sa journée de portefaix terminée, aussi allègrement qu'il en était parti le matin, par son âpreté

(1) Voir notamment TAYLOR, V, p. 55.

au gain et par son intelligence bornée qui lui permettait d'effectuer indéfiniment une besogne monotone sans en être rebuté par l'ennui.

Moyennant une augmentation de salaire de 60 %, cet homme consentit à travailler en se conformant exactement aux indications d'un collaborateur de Taylor qui lui indiquait quand il devait lever une gueuse, à quelle vitesse il devait la porter au wagon, puis en revenir les mains vides, quand il devait s'asseoir pour se reposer.

Schmidt put ainsi charger les 47 tonnes de gueuses et cela non seulement le premier jour, mais pendant les trois ans que Taylor fut à la « Bethlehem ». Son exemple permit d'exiger la même production des autres ouvriers affectés au chargement des gueuses. Le nombre de ces derniers put être réduit au quart de sa valeur primitive, les meilleurs éléments étant seuls conservés.

Voici les conclusions que Taylor tire de cette expérience :

Il n'est pas de travail, si simple qu'il paraisse, qui ne puisse être utilement étudié par des procédés scientifiques et qui ne soit susceptible d'un grand perfectionnement.

Les ouvriers doivent être scientifiquement sélectionnés de manière à n'affecter à chaque spécialité que les travailleurs qui y sont véritablement aptes, à la fois physiquement et intellectuellement. Pour certains travaux, l'intelligence est un défaut, parce que l'homme d'esprit ouvert se lasse d'une besogne par trop monotone.

« Une des premières qualités que doit posséder un homme « qui veut faire son métier de la manutention de la fonte », dit Taylor, « est d'avoir l'esprit si lourd et si obtus qu'il ressemble intellectuellement plutôt à un bœuf qu'à n'importe quel autre type. »

De ce dernier principe résulte que tout homme ayant l'intelligence voulue pour discerner le moyen d'exercer avec le rendement maximum un métier déterminé est en général d'esprit trop éveillé et trop inquiet pour pouvoir sans découragement exercer indéfiniment ce métier. Par suite, il est nécessaire que ce ne soit pas l'ouvrier lui-même qui détermine les conditions de son travail, mais un guide plus intelligent que lui.

3. Application au pelletage des matériaux. — En même temps que la manutention des gueuses, Taylor a étudié le problème du pelletage à la « Bethlehem Steel Company » où se faisaient des manipulations de matériaux très variés tels que coke, houille, minerais, mâchefer. Son étude a surtout porté sur le poids de pelletée donnant le rendement le plus élevé. Ce poids, qui varie avec la force musculaire des individus, s'éloigne peu de 10 kg. 1/4.

Ce point acquis l'a amené à déterminer la surface de pelle nécessaire pour que la pelletée de chacun des matériaux manutentionnés eût le même poids. Il a été ainsi conduit à des pelles très différentes suivant qu'il s'agissait de manutentionner du charbon menu ou du minerai, matières dont les densités sont très écartées l'une de l'autre. On découvrit ainsi que certains ouvriers employaient les mêmes pelles pour ces deux matières, les poids des pelletées étant respectivement de 2 et 15 kg., c'est-à-dire extrêmement éloignés de la valeur la meilleure.

Taylor fit donc créer de nombreux dépôts d'outillage comprenant des outils appropriés à chaque matière. Il put ainsi faire passer la quantité de matières manutentionnée journallement par chaque ouvrier de 16 tonnes à 59 tonnes.

Les ouvriers trouvèrent leur compte à la nouvelle

organisation, du moins ceux qui furent conservés, car leur salaire fût augmenté de 63 %. Quant aux autres, la rareté de la main-d'œuvre américaine leur permit de s'employer immédiatement à d'autres travaux pour lesquels ils étaient sans doute mieux adaptés.

4. Industries diverses. — Le système Taylor a été appliqué à un grand nombre d'industries extrêmement variées comme la fabrication des mouchoirs de poche, celle du papier à lettre, la reliure industrielle, le bobinage de moteurs électriques. L'étude scientifique du perfectionnement de ces fabrications s'est faite par les procédés que nous avons décrits, principalement par l'étude du temps effectuée dans la double intention d'abréger les opérations et de les payer à leur juste prix.

Les améliorations sont généralement obtenues dans les industries de ce genre par l'organisation rigoureuse de l'approvisionnement des matériaux et par la suppression des manutentions inutiles. Pour réduire celles-ci au minimum, on est conduit à étudier très soigneusement le groupement des machines et des établis de manière que les matières premières et les objets fabriqués suivent dans l'atelier des trajets aussi simples que possible, et, d'autre part, à munir les établis et machines de tables et d'étagères sur lesquelles les matières premières et les objets fabriqués sont déposés par des manœuvres à la portée des ouvriers, de façon à épargner à ceux-ci les mouvements inutiles.

Il n'est pas dans nos intentions de nous appesantir sur les industries de ce genre dont les procédés manquent de généralité. Il nous paraît plus intéressant de montrer comment la Direction des Constructions Navales d'un de nos grands ports militaires a été amenée à étudier scientifiquement les travaux de menuiserie en vue de l'établissement des temps normaux de fabrication.

TRAVAUX DE MENUISERIE

5. Analyse des travaux. — Le point de départ de l'étude doit être l'analyse des travaux et leur classification en travaux élémentaires. Taylor conseille de pousser cette décomposition à l'extrême, les temps élémentaires étant généralement inférieurs à une minute. Dans le cas des travaux de menuiserie, il n'a pas paru nécessaire de pousser la décomposition aussi loin, parce qu'il a été possible d'envisager un petit nombre d'opérations élémentaires dont la durée est de l'ordre d'une heure ou même davantage, et dont la combinaison permet l'exécution de la presque totalité des travaux de menuiserie effectués dans les ateliers en question. On réduit ainsi au minimum le calcul du temps normal correspondant à un travail.

6. Formules simplifiées. — Comme pour la détermination de la vitesse de coupe des métaux, on est obligé d'admettre certaines simplifications pour rendre accessible au calcul la durée des opérations élémentaires. C'est ainsi qu'on fait choix d'une variable principale, en fonction de laquelle on calcule la durée normale du travail. On tient compte ensuite des variables accessoires en multipliant le premier chiffre trouvé par des coefficients fonctions de ces variables. On admet ainsi que les effets de ces variables indépendantes ne se repercutent pas de l'une sur l'autre, ce qui n'est à coup sûr qu'approximativement exact.

7. Classification des travaux. — Les opérations élémentaires correspondent à la confection des pièces ci-après :

- 1° Châssis (menuiserie assemblée) ;
- 2° Panneaux (menuiserie pleine ou de remplissage) ;

3° Tasseaux ou barres (accessoires de soutien ou de consolidation).

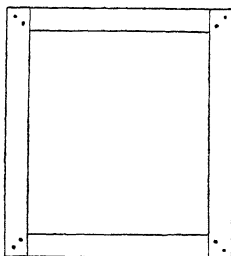


FIG. 19.
CHÂSSIS.

Un châssis (fig. 19) est constitué de pièces équerries réunies par des assemblages à tenons et mortaises che-

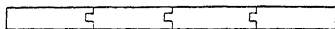


FIG. 20.
PANNEAU.

villés. Les deux faces du châssis sont généralement replanées et les champs dressés et ajustés pour la mise en place.

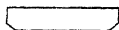


FIG. 21.
TASSEAU.

Le panneau (fig. 20) est formé de planches bouvetées, collées entre elles. Il est également replani au rabot, sur

ses deux faces, réduit aux dimensions convenables de longueur et de largeur et placé à demeure.

Les tasseaux, barres, etc. (fig. 21) sont des pièces de faible équarrissage, munies le plus souvent de chanfreins et fixées par des pointes ou par des vis.

8. Choix de la variable principale. — La variable principale, dont dépend la durée normale de la fabrication, est la surface, pour les châssis et les panneaux, la longueur pour les tasseaux.

On a relevé par expérience directe le temps de fabrication de divers châssis ne différant que par la surface et on est arrivé à la formule

$$T = t \frac{1 + S}{2}$$

dans laquelle t est le temps nécessaire pour faire un châssis d'un mètre carré, S la surface du châssis et T le temps nécessaire pour fabriquer ce dernier.

Une formule de cette forme est justifiée parce que le nombre d'assemblages est indépendant de la surface et que d'ailleurs la main-d'œuvre augmente moins vite que la quantité de bois à travailler, d'autant plus que les assemblages sont faits à la machine.

Si le châssis est renforcé par des traverses intermédiaires formant soit un barrotage, soit un quadrillage (fig. 22 et 23), la main-d'œuvre se trouve augmentée.

Les chronométrages montrent que dans la fabrication d'un châssis ordinaire, le temps nécessaire pour l'exécution des 4 angles est environ les 0,4 du temps T total. Par suite, on peut admettre que chaque assemblage en plus des quatre coins majore le temps du dixième du temps nécessaire pour faire le châssis simple de même surface, la formule devenant

$$T' = T + \frac{T}{10} (n - 4) ;$$

T temps nécessaire pour faire un châssis de même surface sans croisillons, n nombre de croisements.

Si plusieurs châssis sont assemblés, de façon à former un parallélépipède rectangle par exemple, on considère chaque face latérale comme constituant un châssis distinct, bien qu'en réalité les montants soient communs à deux faces, et le temps se calcule d'après la surface latérale totale de l'ensemble. La diminution du nombre des montants compense le travail d'assemblage qui est

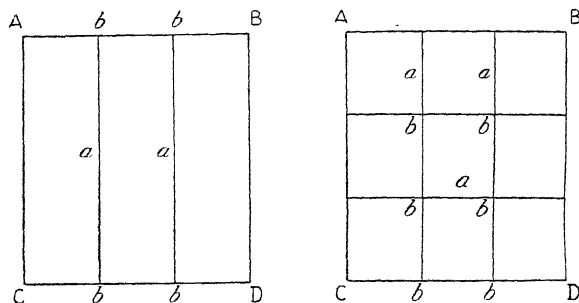


FIG. 22 et 23.

CHASSIS RENFORCÉS.

un peu plus considérable que dans le cas d'un châssis simple.

Pour les panneaux (fig. 20), la variable principale est encore la surface à laquelle sont proportionnels le volume du bois, le travail de replanissage, et la longueur des bouvetages lorsque l'on emploie des planches de largeur uniforme.

Enfin pour les tasseaux (fig. 21), la variable principale est la longueur du tasseau. L'opération principale consiste en effet à fixer le tasseau par des pointes ou par des vis sur la surface qui doit le recevoir, les autres opérations, notamment la mise de longueur, étant d'une

durée très faible par rapport à la précédente, et d'ailleurs le sciage à une dimension précise d'une pièce longue dure plus de temps que celui d'une pièce courte en raison de la plus grande difficulté que l'on éprouve à la manier.

9. Épaisseur du bois. — Pour les trois genres de pièces l'épaisseur du bois constitue une variable accessible. Le travail augmente quand, toutes choses égales d'ailleurs, on fait croître l'épaisseur des bois employés, mais l'augmentation de la durée n'est pas proportionnelle à l'épaisseur. On a donc chronométré les durées de fabrication d'un certain nombre de châssis, de panneaux et de tasseaux ne différant entre eux que par l'épaisseur et on a admis que les différences entre les durées de fabrication des divers éléments ainsi considérés étaient proportionnelles aux différences d'épaisseur de ces éléments.

Si donc on admet que le temps normal nécessaire pour faire un panneau de surface donné et d'épaisseur e est t , le temps normal pour faire un panneau de même surface et d'épaisseur e' est

$$t' = t + K(e' - e).$$

On est ainsi conduit pour évaluer la durée T de fabrication d'un châssis à la formule

$$T = 0,96 (S + 1) (1 + 2 E,$$

dans laquelle T est le temps en heure, S la surface en mètres carrés, E l'épaisseur en décimètres.

Pour un panneau, la formule est

$$T = S (3,2 + 4 E),$$

les lettres ayant la même signification que ci-dessus.

Pour un tasseau, on fait intervenir, en plus de la longueur L , la largeur l et l'épaisseur e :

$$T = 2 L (l + e),$$

L , l et e étant exprimés en mètres.

Toutes ces durées correspondent à des travaux exécutés dans un atelier disposant d'un outillage mécanique très complet. Les temps ne comprennent pas la durée du travail de machines-outils, lequel est payé selon d'autres tarifs.

10. Influence de l'essence du bois. — Les durées ci-dessus correspondent à des menuiseries en sapin de largeur, déjà raboté à la machine. Si l'ouvrage est fait avec une autre essence, le temps T est multiplié par l'un des coefficients ci-après :

Pitchpin	1,2
Chêne ou autre bois dur	1,5

11. Remarques générales sur les tarifs précédents. — Les tarifs dont nous avons extrait les indications ci-dessus permettent la détermination de la durée normale d'un grand nombre de travaux élémentaires en dehors de ceux que nous avons reproduits. Nous laissons de côté ces détails, voulant seulement indiquer le principe suivi pour l'établissement de ce tarif et non pas le reproduire *in extenso*. Nous ne reproduirons pas non plus les formules servant à rectifier le temps élémentaire de chaque opération quand il s'agit de travaux de série et quand, par suite, l'ouvrier est appelé à augmenter sa production par le seul fait qu'il acquiert une plus grande sûreté d'exécution dans son travail. D'ailleurs ce n'est là que l'application des principes que nous donnons d'autre part (voir chapitre III, § 7).

On n'a pas suivi servilement la méthode de Taylor qui eût sans doute voulu une analyse plus serrée des opérations élémentaires, une décomposition plus complète des travaux. Peut-être eût-il obtenu ainsi une plus grande exactitude dans le calcul des temps normaux ; mais il n'aurait certainement pas pu établir des tarifs complets dans un temps aussi court que celui qui a suffi

pour établir les tarifs précédents. Ces tarifs ont permis d'intéresser à leur production la presque totalité des ouvriers d'un atelier qui exécutait les travaux de menuiserie les plus divers.

L'application du marchandage seule aurait été aussi rapide ; mais nous avons indiqué au chapitre IV combien les évaluations du contremaître chargé de fixer le salaire manquent de base scientifique. De plus le marchandage est incompatible avec les habitudes administratives des arsenaux de l'État.

Quant aux résultats que ces formules ont donnés, les comparaisons faites par le Port avant la mise en vigueur des tarifs entre la durée calculée des confections et leur durée réelle d'exécution par des ouvriers *travaillant à la journée*, ont montré que les chiffres calculés étaient régulièrement inférieurs de 10 % aux temps réels. Leur application ultérieure a permis aux ouvriers travaillant à la prime de réaliser le gain habituel de 20 % environ sur les temps accordés.

ORGANISATION SCIENTIFIQUE D'UNE COMPTABILITÉ

12. — Le travail effectué dans un bureau de comptabilité constitue un travail de série comme un autre, auquel s'appliquent très aisément les principes de Taylor. Il est intéressant de voir comment une étude scientifique des opérations de ce genre permet de diminuer l'importance du personnel affecté à la comptabilité.

Ainsi, ce bureau reçoit les fiches de fabrication sur lesquelles sont indiquées les heures de commencement et de fin d'un travail, le salaire normal de l'ouvrier, le temps alloué pour exécuter le travail, rémunéré, par exemple, selon le système Halsey, avec coefficient $1/2$.

Un premier employé est chargé uniquement de faire

la différence entre les moments du commencement et de la fin du travail, ce qui donne le temps réellement employé T et de le comparer au temps accordé, ce qui donne le temps gagné t . On sait que dans le système supposé on doit payer à l'ouvrier un temps de travail égal à $T + \frac{t}{2}$.

Un autre employé fait le produit du temps à payer par le salaire horaire. Cette opération se fait naturellement au moyen d'un barème. La division du travail entre deux employés permet d'aller beaucoup plus vite que si chacun d'eux était chargé de l'ensemble des opérations pour une partie des fiches.

13. — La Direction des Constructions Navales d'un de nos grands ports de guerre dont les services de comptabilité ont été récemment renouvelés d'une manière

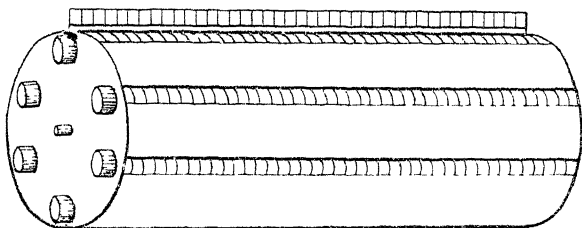


FIG. 24.

BARÈME ROTATIF.

complète en s'inspirant des théories les plus modernes sur l'organisation du travail, a étudié tout particulièrement les moyens d'abréger autant que possible la durée des calculs.

C'est ainsi que le barème servant à effectuer la multiplication du salaire par le temps passé a été mis sous une

forme particulière qui peut être appliquée à tout genre de table à double entrée.

L'inconvénient d'un barème étendu, c'est qu'il comporte plusieurs pages longues à feuilleter, et qu'il exige beaucoup de soin et de temps pour déterminer la case qui correspond à l'intersection de la ligne et de la colonne convenables.

Le service dont nous parlons a construit l'appareil suivant (fig. 24). Un cylindre creux tourne sur un axe horizontal. A l'intérieur de ce cylindre sont disposés un certain nombre de rouleaux également mobiles autour de leurs axes qui sont parallèles à celui du cylindre.

Ce dernier est ajouré parallèlement à ses génératrices de fenêtres qui laissent voir une bande étroite de la surface latérale de chacun des rouleaux.

En faisant tourner le cylindre, on amène chacune de ces fenêtres en coïncidence avec une règle fixe horizontale qui porte les indications marquées en tête des colonnes d'un barème ordinaire.

Les indications du barème sont portées sur des feuilles collées sur les rouleaux. Ceux-ci sont actionnés par de larges boutons placés à l'extérieur de la base du cylindre sur la périphérie desquels on a inscrit les indications qui figurent normalement au commencement de chaque ligne du barème. L'usage de l'appareil se comprend de lui-même. On voit que lorsque l'on a amené l'indication de la ligne convenable d'un des rouleaux en contact avec le bord de la règle fixe, le chiffre cherché du barème se trouve immédiatement au-dessous de l'indication de la colonne donnée par cette règle. On évite tout risque d'erreur.

Si l'appareil comporte six rouleaux de 10 cm de diamètre et 40 cm de longueur, il est équivalent à un barème à 40 colonnes et 180 lignes, avec des cases de

un cm carré, c'est-à-dire qu'il renferme la matière de 24 pages d'une table de logarithmes ordinaire. On peut, s'il en est besoin, augmenter encore cette capacité, car les chiffres donnés ne constituent nullement des maxima au delà desquels l'appareil deviendrait démesuré et d'un maniement pénible.

14. — Le même service fait un usage étendu de machines à calculer des modèles les plus perfectionnés. Il a notamment eu recours à des machines dites « à *Statistique* » dont nous indiquerons brièvement le principe.

Le but de ces machines est de classer et de mettre sous forme de tableaux, comportant des totaux généraux ou partiels, les renseignements les plus divers.

Voici comment l'Arsenal que nous avons en vue a appliqué ces machines à la comptabilité des opérations du magasin. Le bon établi au moment du mouvement de la matière en question porte les indications numériques ci-après :

- Le quantième du jour de l'opération.
- La section du magasin où elle a eu lieu.
- La nature de l'opération effectuée, désignée par un nombre conventionnel d'un ou deux chiffres : ainsi 9 désigne une sortie pour emploi aux travaux, 36 une entrée comme produit de démolition de navire, etc.
- Le chapitre du budget voté par le Parlement auquel doit être imputée la dépense.
- Le numéro des pièces en vue de la confection desquelles la matière a été délivrée.
- Le numéro de compte d'ouvrage.
- Trois nombres conventionnels caractérisant l'article dont il s'agit sur la nomenclature générale des matières de la marine, savoir un numéro collectif, un numéro simple, un numéro de subdivision.

— L'indication par un seul chiffre conventionnel de l'unité servant à mesurer la matière (mètre, kilogramme, nombre, douzaine, etc.).

— Le prix de l'unité précédente.

— Le nombre d'unités délivrées ou versées en magasin.

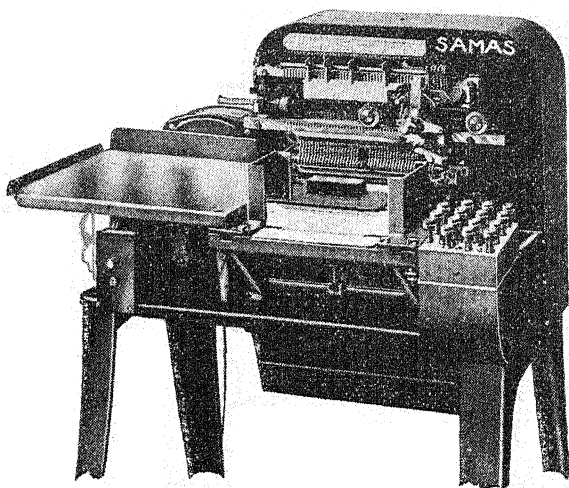


FIG. 26.

POINÇONNEUSE.

— Le produit des deux quantités précédentes, c'est-à-dire la valeur totale des quantités intéressées par l'opération.

Tous ces nombres sont reproduits par perforation sur une fiche en carton mince représentée figure 25 au

moyen de la machine représentée figure 26 (1). L'opérateur, en appuyant successivement sur les touches du clavier, prépare automatiquement les poinçons que com-

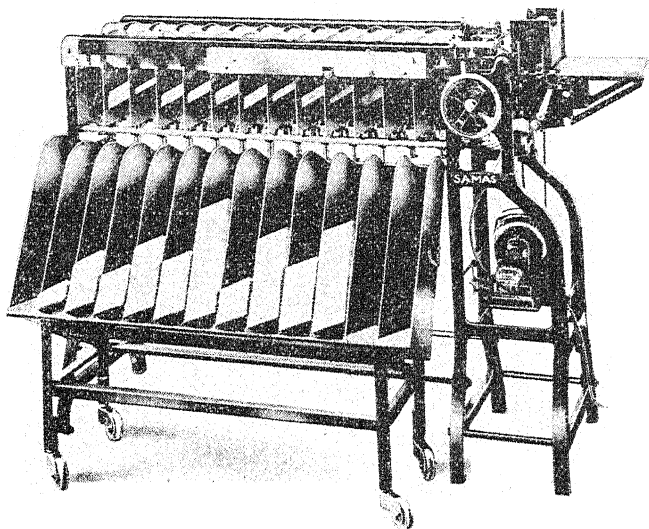


FIG. 27.
TRIEUSE.

porte la machine, de manière qu'en pressant une dernière touche toutes les perforations soient effectuées à la fois.

La puissance nécessaire est fournie par un petit moteur électrique et la machine éjecte automatiquement dans un magasin la fiche perforée.

(1) Les figures 26 à 28 ont été exécutées d'après des photographies obligeamment fournies par la *Société anonyme des Machines à statistique*, 7 rue Scribe, Paris.

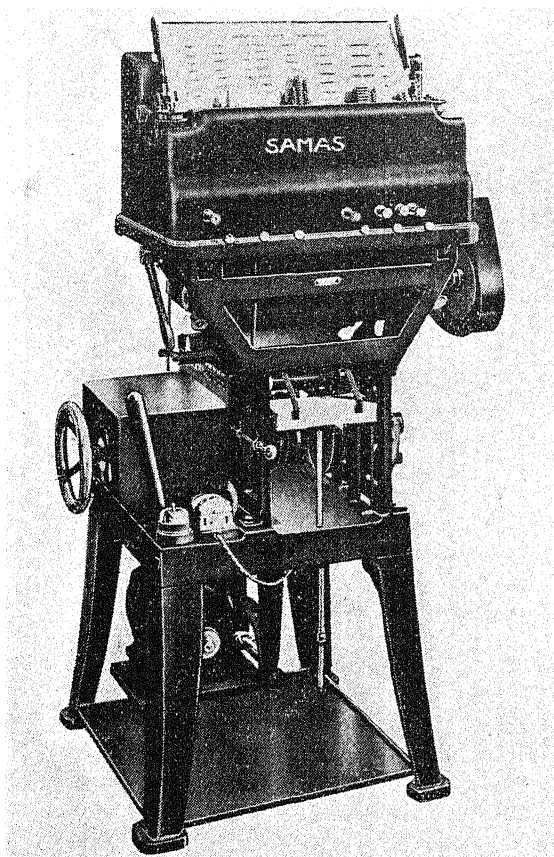


FIG. 28.
TABULATRICE IMPRIMANTE.

Les fiches sont préparées au fur et à mesure de l'arrivée des bons de matières. Supposons qu'on veuille les classer par numéros de compte d'ouvrage afin d'établir le prix de revient de chacun d'eux. C'est le travail de la trieuse (fig. 27).

Le principe de cette machine est le suivant : les fiches sont placées dans un magasin d'où elles sont prises une à une et amenées sous un palpeur muni de 10 tiges à ressort. Ces tiges se trouvent alignées suivant une des colonnes de la fiche. Celle qui tombe dans une ouverture ouvre un aiguillage sur un chemin de roulement sur lequel la fiche est ensuite entraînée. La fiche se trouve ainsi dirigée vers une case correspondant à la perforation dans laquelle s'est engagée la tige du palpeur. Le palpeur peut être amené à coïncider avec n'importe quelle colonne de la fiche. Si donc le numéro de compte d'ouvrage a quatre chiffres comme sur la fiche représentée, quatre passages successifs dans la machine permettent de classer les fiches par compte d'ouvrage.

La machine est actionnée par un moteur électrique et débite jusqu'à 400 fiches par minute. Si le compte d'ouvrage a 4 chiffres on peut donc classer les fiches à raison de 100 par minute. Une trieuse permet donc de desservir un grand nombre de perforatrices.

Une troisième machine, dite tabulatrice, imprime ces résultats sur du papier en rouleaux ou sur des imprimés présentant les cases convenables. Cette machine (fig. 28) comporte une machine à calcul imprimante dont les touches sont commandées par des palpeurs analogues à ceux de la machine précédente, mais en nombre suffisant pour relever la totalité des indications de la fiche. Des boutons permettent soit d'inscrire simplement les chiffres, soit de les totaliser à intervalles réguliers. En intercalant dans la pile de fiches mises dans le magasin des fiches spéciales on peut obtenir

que la machine exécute ces additions à des intervalles inégaux.

La transmission entre les palpeurs et les touches se fait par un jeu de leviers qui forment un bloc amovible. En changeant ce bloc, on peut intervertir les connexions entre touches et palpeurs et utiliser la machine à des opérations variées.

La tabulatrice dépouille une cinquantaine de fiches par minute.

La production de ces machines est donc très considérable et elles conviennent aux grands établissements qui seuls peuvent d'ailleurs faire les frais de leur acquisition. Le service de la Marine qui les emploie les utilise pour la comptabilité des magasins et pour l'établissement des feuilles de paye des ouvriers.

On voit que toute la difficulté d'utilisation de ces machines réside dans la nécessité de réduire les indications à relever en une série de nombres dont la somme totale des chiffres ne dépasse pas 45, nombre de colonnes des fiches. C'est un problème assez difficile, dans beaucoup de cas, notamment pour le calcul de la main-d'œuvre dépensée à un travail, décompte dans lequel interviennent de nombreux éléments : temps passé, temps alloué, salaire normal de l'ouvrier, système de primes, etc.

ORGANISATION D'UNE GRANDE ADMINISTRATION

15. — Taylor ne semble pas s'être préoccupé d'appliquer ses principes d'organisation scientifique à la direction d'une très grande administration. Cela tient sans doute au fait que dans les sociétés importantes auxquelles il a appartenu, Taylor était à l'origine dans un rang trop subalterne et, plus tard, il était trop spécialisé dans les questions purement techniques pour s'occuper

de l'organisation générale de l'affaire. Quant aux établissements qu'il a montés entièrement, ils étaient de trop peu d'importance pour que l'organisation de la direction offrit quelque difficulté.

Les conjonctures n'ont pas été les mêmes pour tous les disciples de Taylor. Certains d'entre eux se sont élevés jusqu'au rôle de directeurs de très importantes sociétés américaines et ils ont apporté dans l'organisation de leur direction les principes qu'ils avaient déjà suivis dans celle des ateliers.

Il n'entre pas dans nos intentions de traiter en détail les principes qui doivent régir l'administration d'une grande société. Nous renvoyons le lecteur aux études magistrales de M. Fayol qui font autorité dans la matière. Nous voulons seulement montrer que non seulement les principes de Taylor peuvent être étendus aux travaux les plus simples et d'apparence les moins scientifiques comme les travaux de manutention à la main ou à la pelle, mais encore qu'ils peuvent servir pour l'organisation des travaux qui hiérarchiquement sont à l'opposé des précédents, c'est-à-dire ceux qui sont confiés au personnel dirigeant. Nous allons donc exposer brièvement l'organisation d'une très grande usine américaine qui emploie environ 10 500 ouvriers ou employés à la fabrication d'armes à feu et d'articles de sport.

Cette usine effectue donc surtout des fabrications en séries de pièces mécaniques interchangeable, genre de fabrication auquel le système Taylor est particulièrement bien adapté.

16. Séparation des fonctions et hiérarchie des services.

— Le principe de la séparation des fonctions est rendu d'application plus difficile en raison du grand nombre d'échelons qu'il est nécessaire d'interposer dans une affaire de cette importance entre le directeur et l'ouvrier.

En fait, trois échelons les séparent : chef de la fabrication, chefs de services, chefs d'ateliers.

Le directeur et chacune des personnes qui occupent les échelons intermédiaires ont sous leurs ordres directs cinq bureaux qui se partagent les fonctions qui dans l'organisation habituelle ressortiraient à leur chef.

Le schéma ci-dessous (fig. 29) donne le détail de cette hiérarchie.

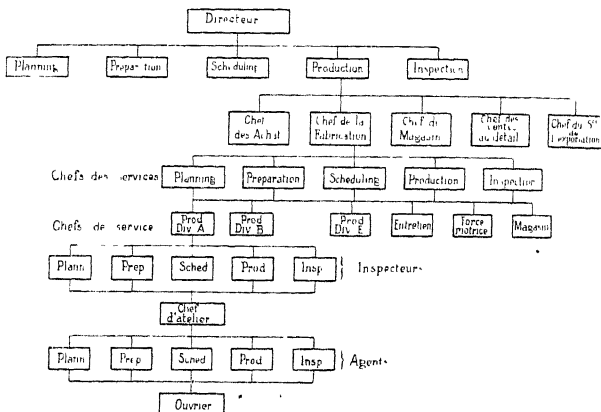


FIG. 29.

HIÉRARCHIE DES SERVICES (schéma).

ordres du directeur s'occupent seulement des questions très générales comme la direction à donner aux fabrications, la politique d'achats ou de ventes, les questions ouvrières, le contrôle du résultat financier. Sauf la comptabilité qui est sous les ordres du fonctionnaire adjoint au directeur, toute la besogne correspondant au fonctionnement journalier est effectuée par les services placés sous les ordres du chef de fabrication.

Chacun des trois échelons dirigés par le chef de fabrication, les chefs de services, les chefs d'ateliers, entre d'autant plus dans le détail qu'il est plus rapproché de l'ouvrier.

Ainsi le dernier étage du contrôle vérifie l'exécution de chaque pièce détachée, tandis que l'étage immédiatement supérieur vérifie le montage des ensembles.

Chaque service est placé sous les ordres directs du chef de fabrication, du chef de service ou du chef d'atelier auquel il est adjoint, mais il reçoit aussi directement des ordres du service de même nom que le sien de l'étage supérieur.

La division des fonctions adoptée est un peu différente de celle de Taylor. Pour éviter des confusions nous donnons les noms anglais.

Planning. Ce service étudie la nature du travail à exécuter. Il établit les dessins de détail, énumère les pièces composant un ensemble, dresse les listes de matériaux.

Préparation. Ce service étudie *comment* le travail sera exécuté et comment les matériaux seront approvisionnés. Les questions d'outillage, de procédés de fabrication, d'organisation du travail sont de son ressort.

Scheduling. Ce service détermine *quand* le travail doit être fait. Il distribue la tâche entre les diverses machines, établit les ordres de transport, vérifie que les délais prévus sont respectés, coordonne le fonctionnement des divers ateliers.

Production. C'est le service qui exécute le travail. Les questions ouvrières, la discipline, le genre de salaire sont de son ressort.

Inspection. C'est un service à la fois technique et

financier. Une de ses branches vérifie que les pièces sont exécutées conformément aux plans et aux spécifications et une autre assure la comptabilité de l'établissement.

En somme, l'organisation que nous venons d'esquisser est comparable à celle d'un de nos ministères, celui de la Marine par exemple.

A Paris existent des services centraux divisés en directions et réunis sous les ordres d'un ministre. Dans les ports de guerre, les services sont divisés de la même manière sous les ordres d'un préfet maritime. Les directeurs des ports reçoivent des ordres à la fois du préfet maritime et des directions correspondantes du ministère.

CHAPITRE VI

LES SYSTÈMES D'ORGANISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL DÉRIVÉS OU RIVAUX DU SYS- TÈME TAYLOR

1. — Le grand succès du système Taylor a suscité en Amérique des rivalités. D'autres systèmes d'organisation scientifique lui ont été opposés. Il faut néanmoins noter que les auteurs de ces systèmes n'ont jamais nié la valeur des principes directeurs de Taylor. Tout au plus ont-ils fait remarquer, comme nous l'avons fait nous-même, que beaucoup de ces principes étaient de simple bon sens, qu'ils ne pouvaient échapper à quiconque s'occupe d'organisation scientifique et que Taylor ne pouvait prétendre au mérite de leur découverte. Nous indiquerons deux de ces systèmes dont les noms sont quelquefois cités dans les polémiques américaines (1).

SYSTÈME EMERSON

2. — M. Emerson est un *efficiency engineer* américain. On donne ce nom à des ingénieurs consultants qui prêtent leur concours aux industriels pour l'examen et la réforme de l'organisation des usines.

(1) T. G. ROBERTS.

M. Emerson, plus âgé que Taylor, déclare s'être occupé avant lui d'organisation scientifique ; mais que néanmoins ses idées ont évolué à mesure qu'il gagnait de l'expérience. Il reconnaît avoir tiré grand profit de la lecture des ouvrages de Taylor.

Comme nous l'avons expliqué au chapitre VI (§ 15), ce dernier s'est généralement désintéressé de l'organisation générale de la direction d'une grande administration. M. Emerson s'y est au contraire attaché et la particularité la plus saillante de son système est la division du personnel dirigeant en deux classes qu'il appelle la Ligne et l'État-Major.

Voici comment M. Emerson lui-même explique cette distinction dans une réponse à une communication faite devant la Société des Architectes navals américains où son système avait été discuté.

Un seul homme ne peut ni commander personnellement à un très grand nombre d'hommes, ni posséder toutes les connaissances nécessaires pour leur direction technique. Il faut intercaler entre le directeur et ses ouvriers un très grand nombre d'intermédiaires, dont chacun est inférieur à lui, mais dont l'ensemble constitue une puissance supérieure à la sienne. Cet ensemble forme la *Ligne*.

Pour remédier à son insuffisance technique le directeur doit s'entourer d'experts dont chacun est plus instruit que lui sur un point particulier. Cet ensemble de spécialistes constitue l'*État-Major*.

Si l'on se reporte à la description de l'organisation d'une grande affaire industrielle américaine que nous avons donnée au chapitre VI, on constatera que bien que cette organisation se réclame du nom de Taylor, on pourrait y reconnaître l'application du principe précédent.

D'ailleurs les systèmes d'organisation Taylor et Emer-

son ont bien des points communs ; la distinction est peu sensible entre les fonctions d'un certain nombre de membres de l'État-Major d'Emerson et celles des chefs du service de préparation ou du bureau des temps.

SYSTÈME VICKERS

3. — Le système Vickers tire son nom du célèbre chantier de constructions navales et mécaniques de Barrow-in-Furness (Angleterre). Au début du succès du système Taylor en Amérique, certains chantiers déclarèrent s'être organisés suivant le système Vickers, mieux approprié à leur avis au genre particulier de leur industrie.

Certains points de ressemblance entre les systèmes Taylor et Vickers peuvent s'expliquer, soit par de simples coïncidences d'autant plus naturelles que les principes de Taylor sont simples, soit par le fait signalé par Taylor que quatre représentants de la maison Vickers vinrent visiter la « Bethlehem Steel » pendant que Taylor y était attaché et qu'ils furent mis au courant des travaux de ce dernier au cours de leur visite qui dura deux ou trois semaines.

Pour satisfaire à la curiosité générale excitée à cette époque par le système Vickers, l'*American Machinist* publia en avril 1912 une étude sur l'organisation de l'usine de Barrow.

Les ateliers étaient alors divisés en trois groupes : ateliers de fabrication, ateliers de montage de machines et ateliers de montage de canons, les deux derniers groupes constituant la section de mécanique.

Le système de primes Halsey n'était d'usage général que dans les ateliers de constructions mécaniques. Le chantier de constructions navales utilisait le travail aux pièces pour la tôlerie, le formage, la forge, le rivetage, le matage et le perçage. Seuls les conducteurs

de machines et les monteurs étaient payés à la prime. Pour la fixation des primes, des études de temps et de tarifs étaient effectuées.

Il n'y avait pas de bureau de fabrication portant ce nom, mais les éléments n'en existaient pas moins sous forme d'un bureau de fixation des tarifs, d'un bureau d'étude de l'outillage, d'une organisation de magasins et de salles de dépôt, d'un bureau d'enregistrement des temps, et d'un bureau central suivant l'avancement des travaux.

Il y avait un bureau de contrôle spécial sous les ordres d'un chef contrôleur. Cette organisation est indispensable avec un système de paiement à la prime. En outre, au chantier Vickers qui travaille pour le compte des gouvernements, tout le travail doit être soumis à un contrôle spécial exercé par des représentants de ces gouvernements. Au chef contrôleur de l'usine revient la responsabilité de tenir la main à ce que toute partie de la fourniture soit dûment soumise au contrôle officiel et acceptée par ce dernier.

Les deux principales différences entre le système Vickers et le système Taylor sont les suivantes :

1° Le chef d'atelier conserve l'entière responsabilité des fabrications, ses fonctions n'étant pas divisées.

2° Le système Vickers emploie un bureau central chargé de suivre l'avancement des travaux, tandis que dans le système Taylor c'est le bureau de fabrication qui suit cet avancement grâce aux documents qu'il reçoit des services d'exécution.

Le personnel du bureau central Vickers constitue un groupe supplémentaire du personnel dirigeant. Sa présence est justifiée par le fait que la concentration des industries et leur développement augmente beaucoup leur complication et exige un personnel de direction ou de contrôle de plus en plus considérable.

Une autre particularité du système Vickers est l'emploi d'une *clearing house* pour les matières. C'est un magasin où sont expédiés les éléments de pièces qui doivent être ensuite assemblés dans les ateliers de montage. Le besoin de cette *clearing house* se fait particulièrement sentir dans un très grand établissement industriel possédant une fonderie, une forge, des ateliers d'usinage et de montage. Pour que son emploi soit acceptable, il faut que la disposition des ateliers s'y prête et que le trajet supplémentaire imposé aux matériaux ne soit pas exagéré. Sous cette réserve, ce point de ralliement des matériaux facilite le travail du bureau central chargé de suivre l'avancement des travaux.

SYSTÈME GANNT

4. — M. H. L. Gantt est un des premiers collaborateurs de Taylor avec qui il a débuté en 1887 à la « Midvale Steel Co ». Bien qu'il ait témoigné à la séance solennelle de la Société Taylor tenue en l'honneur de la mémoire de son ancien chef que celui-ci avait dès cette époque découvert tous les principes d'organisation qui devaient illustrer son nom, il résulte des écrits de Taylor que la part de Gantt fut considérable dans le travail de coordination de ces principes et dans leur application à des cas concrets.

Cela résulte également de la lecture de l'ouvrage principal de Gantt : « Travail, salaires et bénéfices » (« Work, wages and profits »), où l'on reconnaît un esprit philosophique capable d'envisager les questions du point de vue le plus élevé. Ce livre constitue à côté de ceux de Taylor la base de l'organisation scientifique.

Gantt s'est séparé de bonne heure de Taylor et il a entrepris pour son propre compte la réorganisation de diverses usines. Ce qui caractérise le système Gantt, c'est un mode de rémunération spécial, le *task and*

bonus system. Avec lui, les ouvriers sont payés à la journée et ils touchent leur salaire d'affûtage quelle que soit leur production, sauf bien entendu quand ils se rendent coupables de fautes graves contre la discipline, telles que refus de travailler, ivresse sur les travaux, etc. Une tâche bien définie leur est fixée, tâche qui exige une grande capacité professionnelle et un effort sérieux. Quand la tâche est accomplie, l'ouvrier reçoit une prime de 50 % de la valeur de sa journée, sans d'ailleurs que ce supplément puisse être augmenté par un effort supplémentaire.

On conçoit que ce système ait pu donner d'excellents résultats dans des industries où l'on peut déterminer avec précision la tâche journalière qui correspond à une activité normale, sans flânerie ni surmenage. Il est alors à peu près équivalent au système différentiel de Taylor, sans en avoir le caractère draconien. On ne peut que lui reprocher un défaut de souplesse et de ne pas permettre, en particulier, de distinguer pour la prime entre les diverses classes de très bons ouvriers.

On voit que ni le système Emerson, ni le système Vickers, ni le système Gantt, ne constituent des modes d'organisation des usines essentiellement différents du système Taylor. Nous allons maintenant étudier des questions moins générales à propos desquelles il a été possible de faire montre de plus d'originalité.

ÉTUDES DES PHYSIOLOGISTES

5. — Un des points sur lesquels Taylor a le plus insisté, c'est qu'il n'y avait pas de travail, si simple et si grossier soit-il, dont les méthodes et le rendement ne puissent être améliorés par un examen scientifique scrupuleux. Nous avons brièvement exposé ses recherches sur la manutention des matériaux aux usines de la « Bethlehem Steel Co », ainsi que l'augmentation considérable qu'il

a obtenue pour le poids de matières manipulé par homme et par jour.

Les recherches de Taylor sur ce point sont loin d'être les premières de leur espèce et nous avons déjà indiqué (chapitre III, § 2) que Vauban, que Bélidor s'étaient préoccupés au XVII^e et au XVIII^e siècles de mesurer la production d'ouvriers employés à des travaux de force.

D'autres expérimentateurs, se plaçant à un point de vue plus scientifique qu'industriel, ont cherché à déterminer la puissance qui pouvait être développée par l'homme suivant le mode selon lequel il agit.

C'est ainsi que Navier mesura le travail de carriers agissant par leur poids au moyen d'une roue à chevilles. Il trouva un travail de 250 000 kilogrammètres par journée de 8 heures, soit une puissance moyenne de 0,115 cheval-vapeur.

Le fameux *tread-mill* employé dans les prisons anglaises est un appareil de ce genre. Le travail moyen développé par prisonnier et par jour serait de 231 000 kilogrammètres d'après des statistiques officielles anglaises.

D'autres expériences de Navier montrent qu'un homme travaillant à un cabestan peut développer environ 0,104 Ch.

Coulomb de son côté indique qu'un homme attelé à la manivelle d'un treuil peut effectuer 172 800 kgm. en six heures, soit développer une puissance moyenne de 0,106 Ch.

Travaillant à hisser des poids avec une corde et une poulie, il peut effectuer un travail de 80 000 kgm. en trois heures, soit développer une puissance moyenne de 0,098 Ch.

Tous ces chiffres s'éloignent peu d'un dixième de cheval. Ils présentent encore à l'heure actuelle un certain intérêt parce qu'ils servent de base pour le calcul d'appareils à bras permettant par exemple d'actionner le gou-

vernaïl d'un grand navire, le cabestan pour le relevage de son ancre, le pointage des tourelles dans le cas où les appareils normaux à commande mécanique seraient en avarie.

Mais on ne saurait à l'heure actuelle utiliser d'une manière permanente pour une installation de quelque puissance la force musculaire des hommes qui, d'après les résultats précédents, coûte environ cent fois plus cher que la puissance électrique par exemple. De plus, les relevés précédents, qui constituent des moyennes, sont applicables aux cas que nous avons visés ci-dessus, parce que le nombre d'hommes attelés à des appareils de ce genre est considérable : sur les anciens bateaux à voiles on faisait agir jusqu'à 180 hommes à la fois sur un cabestan, et l'on peut attribuer une valeur moyenne à la force de ces hommes.

Il n'en est plus de même si l'on a affaire à des individus isolés entre lesquels des différences de force extrêmement grandes peuvent être relevées. Pour calculer la manœuvre à bras du chariot d'un tour, on ne devra pas tabler sur la force moyenne d'un homme, mais bien mettre la manœuvre à la portée de l'homme le plus faible qui aura à s'en servir.

La mesure de la puissance que l'on peut demander à un ouvrier a donc perdu bien de son intérêt depuis l'époque de Navier et de Coulomb, à cause de l'emploi de plus en plus étendu et maintenant presque exclusif de la puissance motrice inanimée.

6. — Toutefois les physiologistes, se plaçant à un point de vue de spéculation pure, n'ont pas cessé de s'occuper de la production de la puissance animée et particulièrement de l'homme envisagé comme moteur. Nous verrons que leur technique et leurs résultats ont suggéré à des expérimentateurs modernes des méthodes d'investigations nouvelles qui sont applicables à l'industrie.

Parmi ces physiologistes nous citerons Marey qui est l'inventeur d'une technique particulièrement intéressante. Entre autres problèmes, il a cherché à résoudre ceux qui sont relatifs aux mouvements des êtres animés et aux efforts auxquels ces mouvements donnent lieu.

Pour photographier les mouvements d'un être animé, il a imaginé de faire sur une même plaque sensible un grand nombre de poses très rapprochées. Pour éviter le recouvrement des diverses images, son modèle était vêtu de velours noir et se déplaçait devant un fond de

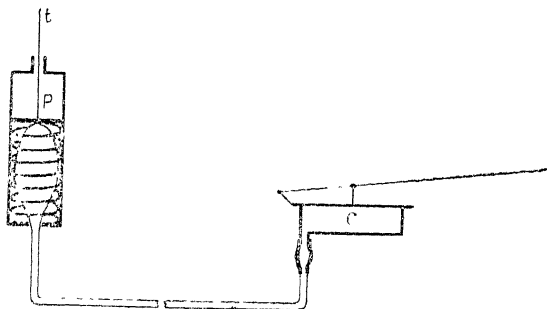


FIG. 30

CAPSULE DYNAMOMÉTRIQUE DE MAREY.

même teinte. L'axe de ses membres était marqué par un trait blanc sur son vêtement. Un point blanc était marqué sur la tête enveloppée par ailleurs d'une cagoule noire. Seuls s'inscrivaient sur la plaque les figures blanches dont la faible surface évitait la superposition. On trouve dans tous les traités élémentaires de physique des reproductions des photographies de ce genre représentant des coureurs ou des sauteurs.

Pour enregistrer des efforts et des déplacements, Marey imagina la capsule manométrique. Soit à mesurer

un effort agissant sur une tige t (fig. 30). Celle-ci comprime un ressort dont les flèches sont proportionnelles à l'effort à mesurer. Le piston P agit en même temps sur une boule en caoutchouc en relation par un tuyau de même matière avec la capsule C . Celle-ci est constituée par une boîte fermée par une membrane élastique. L'air expulsé de la boule gonfle plus ou moins la membrane dont les mouvements sont amplifiés par un style. Celui-ci inscrit ses déplacements sur un cylindre enduit de noir de fumée. A une flèche donnée du ressort, par suite à un effort donné appliqué à la tige t , correspond un déplacement donné du style. Un tarage fait avec des poids permet de connaître la loi de correspondance entre les efforts et les déplacements du style.

Nous verrons comment ces procédés ont été appliqués à l'industrie.

7. — Les recherches de Chauveau dans les années qui ont précédé et suivi le début du présent siècle ont porté en particulier sur la production du travail humain et sur ses relations avec l'alimentation. L'énergie est fournie par la combustion par l'oxygène provenant des poumons, soit des aliments, soit des réserves grasses du corps si les premiers sont en quantité insuffisante. Pour connaître la quantité de chaleur ainsi développée au sein de l'organisme, on peut mesurer la quantité d'anhydride carbonique exhalée par la respiration. On en déduit le volume d'oxygène et le poids de carbone combinés. La quantité de chaleur produite par la consommation d'un litre d'oxygène varie un peu selon qu'il a servi à brûler des matières grasses ou des hydrates de carbone (glucose par exemple) ; mais on peut sans grande erreur admettre un chiffre moyen de 4,60 grandes calories par litre d'oxygène dépensé.

Finalement, pour se rendre compte à chaque instant de la dépense réelle d'énergie d'un homme qui accomplit

un travail, il suffit de le faire respirer à travers une canalisation munie de deux clapets dont le premier laisse entrer de l'air frais et dont le second laisse s'écouler les produits de la respiration vers un compteur analogue à un compteur à gaz. On mesure ainsi le volume des gaz expirés et, de plus, en analysant ces gaz par la potasse et le pyrogallate de potassium qui absorbent respectivement l'anhydride carbonique et l'oxygène, on est renseigné sur la proportion de ces deux gaz et par suite on calcule aisément la quantité d'oxygène consommée.

Les expériences de Chauveau étaient surtout destinées à mesurer le rendement du moteur humain, renseignement d'un haut intérêt scientifique, mais d'application industrielle très limitée.

Ce rendement est élevé, atteignant parfois 40 % ; mais étant donné l'extrême cherté des aliments comparés aux combustibles industriels, le prix de revient de l'énergie humaine est très considérable. Inutile d'ajouter que seul un propriétaire d'esclaves évaluerait le prix de revient d'un travail mécanique en partant du prix de la nourriture des hommes employés à l'accomplir.

ÉTUDE DES MOUVEMENTS PAR LE MAJOR GILBRETH (1)

8. — Le Major Gilbreth est un disciple de Taylor. Il s'est attaché surtout à appliquer le principe d'après lequel tout travail, si simple soit-il, étudié scientifiquement, est susceptible de perfectionnements immenses et d'une augmentation de rendement considérable.

Ses recherches ont porté surtout sur les travaux de maçonnerie et plus particulièrement sur la construction des murs de briques. Il a utilisé d'abord l'analyse des mouvements et leur chronométrage.

(1) GILBRETH, Cf. *Bibliographie*.

Dans tous les pays et particulièrement en Amérique où les *trade-unions* forment de véritables corporations, il est d'usage que le maçon se borne à mettre en place les matériaux (briques et mortiers) qui sont amenés à sa portée par des aides. Le salaire du maçon étant bien plus élevé que celui de l'aide, le patron a intérêt à faire exécuter par ce dernier le plus de travail possible.

Sur les chantiers ordinaires, l'aide se contente d'amener dans une brouette les briques sur l'échafaudage où se tient l'ouvrier et de renverser la brouette sur un tas où les briques sont pêle-mêle. Le maçon doit donc se baisser pour ramasser chaque brique ; puis la retourner dans sa main pour chercher la face la plus régulière, quand la brique doit être posée en parement ; enfin la mettre en place.

On abrège le travail du maçon en faisant disposer par un aide les matériaux à sa portée de manière qu'il n'ait qu'à les saisir et à les poser à leur place définitive.

Pour cela, au lieu de charger pêle-mêle les briques dans une brouette, l'aide les dispose par 10 en deux rangées superposées sur une sorte de civière. Elles sont placées de manière que quand le maçon les prend naturellement, il n'ait pas à les retourner pour les mettre en place.

Les civières sont empilées par 12 sur une sorte de brouette à deux roues, plus facile à manœuvrer pour cette application spéciale où le roulage se fait sur un échafaudage bien dressé, que la brouette ordinaire à une roue. On transporte ainsi 120 briques par voyage au lieu de 60 avec une brouette ordinaire.

Enfin, et c'est là le point essentiel, l'échafaudage est constitué de manière que le maçon n'ait pas à se baisser pour ramasser les briques. Parallèlement au mur en construction est disposée une plate-forme de hauteur réglable sur laquelle sont déposées les civières. La plate-forme est rehaussée à mesure que le mur s'élève, de

manière que l'ouvrier n'ait à transporter les briques que dans un plan à peu près horizontal, c'est-à-dire sans travail mécanique.

Le mortier est contenu dans des auges placées sur la même plate-forme que les briques. Deux méthodes différentes sont appliquées par les maçons américains pour poser les briques. Ceux de l'Est posent d'une main les briques une à une en mettant à chaque fois de l'autre main la quantité de mortier juste nécessaire. Ceux de l'Ouest au contraire étalent une large couche de mortier sur laquelle ils peuvent poser 10 briques à la fois.

Pour améliorer le second procédé le Major Gilbreth imagina une truelle spéciale à réservoir. C'est une sorte de bidon en fer blanc de capacité suffisante pour le mortier qui correspond à dix briques. Ce mortier est assez liquide pour couler facilement. Le bidon s'adapte par une coulisse à la truelle ordinaire.

Dans les dernières organisations du Major Gilbreth un aide spécial avait pour tâche de prendre sur la plate-forme surélevée les civières de briques une à une et de les poser sur le haut du mur en construction. De plus, cet aide remplissait les réservoirs des truelles et les posait à côté des briques, de sorte que toutes les manœuvres étaient épargnées au maçon.

Quant à l'approvisionnement des civières, il se fait par l'arrière des échafaudages sur une plate-forme établie à la même hauteur que celle sur laquelle se tiennent les maçons, mais de l'autre côté de la plate-forme surélevée qui supporte les matériaux.

De cette manière les mouvements des auxiliaires qui approvisionnent les matériaux ne viennent en rien troubler le travail des ouvriers à salaire élevé.

L'emploi de méthodes aussi nouvelles exige que des instructions écrites très détaillées soient remises aux ouvriers sous forme de fiches de fabrication. Ces fiches

détaillent notamment l'ordre dans lequel les assises doivent être posées.

L'emploi de ces méthodes permit une augmentation extraordinaire de la production des ouvriers. Alors qu'un maçon américain pose en moyenne 120 briques à l'heure, M. Gilbreth put construire un mur d'usine de 30 cm d'épaisseur avec deux sortes de briques, joints finis sur les deux parements, en réalisant une vitesse moyenne de 350 briques à l'heure par homme.

Taylor (2) rapproche ce chiffre de la production maxima imposée à ses adhérents par un syndicat d'une ville étrangère à l'Amérique, savoir : 375 briques *par jour* si le travail est fait pour des particuliers, 275 s'il est fait pour une administration de la ville. A noter l'extraordinaire méconnaissance de la solidarité des habitants d'une même ville que dénote cette décision.

9. — La caractéristique des travaux du Major Gilbreth est donc une étude très minutieuse des mouvements nécessaires pour l'accomplissement d'un travail. Il a récemment perfectionné ses moyens de recherche par l'adoption d'un procédé d'enregistrement photographique très analogue à celui que Marey avait employé pour étudier les mouvements d'un coureur, d'un sauteur, etc. Ce procédé consiste à attacher de petites lampes électriques à des points convenablement choisis du corps de l'ouvrier, par exemple à ses mains et à sa tête, et à photographier ses mouvements non plus par une série d'expositions sur une seule plaque comme faisait Marey, mais à faire une seule pose assez longue.

Sur cette photographie viennent nettement les appareils fixes et des traînées lumineuses qui figurent les trajectoires des lampes électriques. On peut ainsi analyser avec une très grande précision des mouvements même

(1) GILBRETH, p. 94.

(2) TAYLOR, V, p. 94.

très rapides. Quand on soumet à ce procédé pour la première fois le travail d'un ouvrier, on constate qu'il fait des mouvements inutiles et que ses gestes manquent de précision ; mais l'expérience prouve qu'il est possible de corriger ces défauts quand on a le moyen de les déceler et que l'exercice procure une économie et une perfection de gestes absolues.

Le Major Gilbreth déclare que l'emploi des « cycle-graphes » lui permet de gagner en général 50 % sur la plupart des temps déjà analysés et étudiés par des opérateurs qui ne disposent que d'un chronomètre.

TRAVAUX DE M. FRÉMONT

10. — M. Ch. Frémont a consacré à l'étude des outils et de leur utilisation une série de mémoires dont le premier remonte à 1890, à une date où les travaux de Taylor n'étaient pas encore publiés.

À côté de monographies sur l'historique des divers outils, on trouve dans ces mémoires des études très importantes sur le mode d'action des outils ainsi que sur les conditions de leur emploi. Pour effectuer les relevés expérimentaux nécessaires, l'auteur fait appel dans une très large mesure à la technique de Marey, à la mémoire duquel certaines de ces études sont d'ailleurs dédiées.

C'est ainsi que pour étudier le travail au marteau d'un forgeron, M. Frémont superpose sur une même plaque photographique un certain nombre d'expositions (fig. 31) qui donnent par points la trajectoire des diverses parties d'un marteau pendant sa course descendante par exemple.

Il fait remarquer (1) avec une modestie dont les auteurs de système d'étude scientifique du travail donnent rarement l'exemple, que dans toutes ses expériences sur

(1) FRÉMONT, I, p. 18.

le travail manuel il n'a rien remarqué qui puisse modifier sensiblement les procédés actuels de l'ouvrier,



FIG. 31.

TRAVAIL DU MARTEAU D'UN FORGERON.

parce que, par de longs tâtonnements, celui-ci a trouvé instinctivement ce qui lui était le plus commode, le

moins pénible. Ses études n'en ont pas moins un grand intérêt, d'abord parce qu'elles renseignent exactement sur les conditions de travail des divers outils à mains et qu'elles fournissent les renseignements indispensables pour étudier des appareils mécaniques destinés à faire disparaître le travail à la main qui est coûteux et lent. Ensuite, elles ont l'avantage de documenter les professeurs chargés de la formation des apprentis. L'enseignement par l'exemple qui a été jusqu'à présent la règle dans les ateliers est en régression et c'est de plus en plus dans des écoles professionnelles que se recruteront les ouvriers spécialistes de l'avenir, ainsi que cela se pratique déjà pour l'horlogerie.

11. — Ces deux points sont illustrés tout particulièrement par celle des études qui porte sur la lime. La question technique qui y est plus particulièrement étudiée est la recherche d'une machine à essayer les limes. En 1905, en effet, M. Herbert, de Manchester, avait lancé sur le marché une machine à essayer les limes, qui d'après son inventeur avait mis en évidence des différences tout à fait anormales entre les divers échantillons de limes qui avaient été expérimentées. C'est ainsi que des limes de qualité dite supérieure de certains fournisseurs avaient été trouvées moins bonnes que celles de qualité ordinaire des mêmes maisons, que des essais exécutés sur les deux faces d'une même lime avaient donné des résultats variant du simple au décuple.

Ces constatations jetaient un certain doute sur l'exactitude des résultats de la machine Herbert. D'autre part, certaines grandes administrations, comme la Marine Nationale et le Service des Forges de l'Artillerie, font annuellement des achats de limes extrêmement importants. Pour l'attribution de ces fournitures, l'habitude s'était introduite de tenir compte non seulement du prix de soumission, mais encore des résultats d'essais

effectués sur des échantillons présentés par les soumissionnaires. Il était d'un intérêt très général de vérifier que les essais imposés par ces administrations étaient véritablement probants. En conséquence, le 19 février 1914 la Société d'Encouragement pour l'Industrie

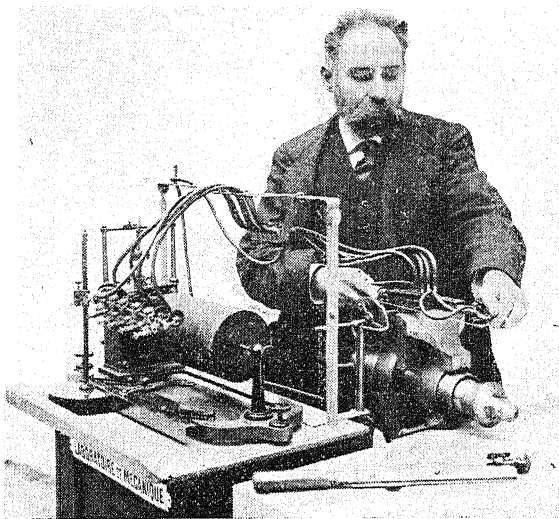


FIG. 32.

APPAREIL FRÉMONT : vue d'ensemble.

Nationale chargea M. Frémont d'effectuer des recherches sur les limes. Les premiers résultats de ces essais furent publiés en 1916.

M. Frémont chercha d'abord à se rendre compte des conditions d'emploi de la lime en construisant un ins-

trument permettant d'enregistrer les efforts auxquels il est soumis. La lime dynamométrique Frémont comporte quatre dynamomètres à ressort sensibles aux composantes longitudinales et normales des efforts effectués par les deux mains. Les flèches des dynamomètres sont décelées par des ampoules en caoutchouc reliées à des capsules de Marey dont les styles enregistrent ces flèches sur un cylindre noirci. Un fil attaché à la lime

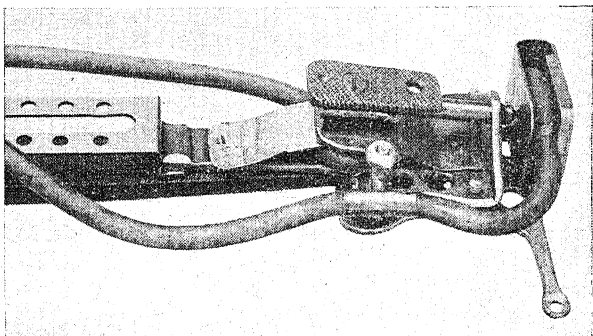


FIG. 33.

APPAREIL FRÉMONT : détail de la lime.

permet d'inscrire le chemin parcouru par l'outil. La figure 32 représente l'installation d'ensemble. La figure 33 montre à l'extrémité de la lime l'installation des deux ressorts qui fléchissent sous les efforts d'appui et de poussée (1).

Grâce à ces ingénieux dispositifs, M. Frémont a pu déterminer avec une grande exactitude les efforts appli-

(1) Les fig. 31, 32 et 33 ont été exécutées d'après des photographies obligeamment fournies par M. Frémont.

qués à la lime et construire une machine d'essai permettant de les reproduire avec une parfaite régularité.

Ainsi que l'indique M. Sauvage dans le résumé qu'il a établi au nom du Comité des Arts mécaniques de la Société d'Encouragement, cette machine permet de comparer avec précision des limes de fabrications diverses, entre lesquelles on constate souvent des différences énormes. En étudiant les limes reconnues les meilleures, M. Frémont espère arriver à déterminer scientifiquement la meilleure forme à donner aux dents de la lime ; mais dès les premières expériences l'essai à la machine a fourni un élément d'appréciation pratique très précis des limes, permettant de les choisir d'après leur valeur réelle et sur des bases plus complètes que le seul prix de vente.

Dans le même mémoire, l'auteur a été amené à proposer une nouvelle méthode d'instruction des apprentis ajusteurs, en vue d'abrégier la durée extrêmement longue de l'enseignement de la manœuvre de la lime. Celle-ci est évaluée à 3 000 heures par les spécialistes. Nous renvoyons au mémoire de M. Frémont pour la description de cette nouvelle méthode.

On y trouvera également de fort intéressants détails sur l'histoire de la lime ainsi que des procédés employés pour la tailler.

TRAVAUX DE M. J. AMAR

12. — M. Amar est un physiologiste, élève de Chauveau. Il a appliqué à l'étude du travail manuel les procédés d'investigation imaginés par ce dernier, notamment la mesure de la dépense d'oxygène.

Il semble en effet que les premiers expérimentateurs qui ont cherché à se rendre compte de la puissance maximum que peut développer un ouvrier, sans fatigue exagérée ni surmenage, aient manqué de critère per-

mettant de décider si cette condition est respectée. Dans son étude sur la manipulation des gueuses, Taylor (1) dit bien que ses expériences l'ont conduit à la conclusion qu'un homme qui manœuvre des gueuses de fonte de 50 kg. ne peut rester chargé que pendant 43 % de la journée de travail et qu'il doit se reposer le reste du temps. Il est difficile d'imaginer comment il a pu arriver à un résultat aussi précis étant donné que le seul appareil de mesure employé dans ses expériences paraît avoir été le chronomètre.

M. Amar a fait exécuter divers travaux manuels à des sujets qui respiraient à travers les appareils spirométriques de Chauveau. Il avait ainsi un moyen de contrôle de la puissance consommée par l'ouvrier (voir § 7 du présent chapitre). En outre le rythme de la respiration s'inscrivait. Quant au travail effectif produit, il était enregistré au moyen de dynamomètres convenablement installés sur l'outil. C'est ainsi qu'il a étudié le travail à la lime et le travail à la varlope, ainsi d'ailleurs que le transport des fardeaux.

Ces expériences ont permis de vérifier et dans une certaine mesure de chiffrer pour le travail à la lime et à la varlope la grande utilité de l'éducation. Il existe des conditions optima de travail : nombre de coups de lime, pression sur l'outil, qui correspondent à un maximum de travail utile et qui sont réalisées par un ouvrier exercé, non par un apprenti. Un commençant ou bien travaille avec une lenteur excessive, ou bien accélère l'allure et alors la fatigue, décelée par l'essoufflement, et par des douleurs musculaires d'abord localisées, puis générales, l'obligent bientôt à s'arrêter.

L'exercice augmente le rendement du moteur humain, c'est-à-dire diminue la dépense d'énergie nécessaire

(1) TAYLOR, V. p. 69.

pour effectuer un travail déterminé et il augmente sa puissance, c'est-à-dire qu'il permet de développer un travail total plus considérable.

M. Amar signale l'intérêt de mesures faites avec des outils dynamométriques pour déterminer le degré d'invalidité résultant de blessures. On peut, grâce à ces outils, mesurer la quantité de travail que l'ouvrier reste capable de fournir, la simulation étant immédiatement décelée par l'irrégularité des tracés.

13. — M. Amar est également l'auteur de recherches sur un sujet assez différent, mais dont l'application à l'industrie a été parfois envisagé : c'est la détermination des aptitudes des individus et du métier qu'ils sont le plus aptes à exercer. Elles se rattachent aux travaux de nombreux savants français et étrangers qui ont trouvé leur application au cours de la guerre de 1914, notamment pour le recrutement des aviateurs.

M. Amar a imaginé un appareillage spécial qui permet de mesurer les temps de réaction des individus sous l'effet de sensations visuelles, tactiles et auditives. Il combine les résultats donnés par ces appareils avec ceux d'examens portant sur les antécédents, le tempérament et l'instruction des individus et il en déduit les fonctions que chacun est apte à remplir.

Bien que certains gros industriels, dont le personnel se renouvelle constamment, aient envisagé l'application de ces méthodes dans les bureaux de recrutement de leurs usines, elles nous paraissent sortir du cadre du présent livre, et nous renvoyons le lecteur aux ouvrages originaux.

CHAPITRE VII

LE SYSTÈME TAYLOR AUX ÉTATS-UNIS

1. — Nous avons exposé plus haut comment Taylor a été amené logiquement à découvrir les principes qui constituent son système. D'après le témoignage de ses collaborateurs, il semble que de très bonne heure, dès 1887, il était arrivé avec plus ou moins de netteté aux conclusions auxquelles il devait se tenir toute sa vie. Toutefois, il ne devait publier ses résultats que beaucoup plus tard.

Son premier mémoire qui porte sur les courroies, figure au tome 15 (1893) du *Bulletin de la Société américaine d'Ingénieurs mécaniciens*. On y trouve le résultat d'expériences méthodiques, scientifiquement conduites, qui ont permis de résoudre rationnellement un problème industriel extrêmement ardu. On y trouve aussi déjà l'exposé de quelques-uns des principes de l'organisation des ateliers.

L'année suivante il exposait dans un mémoire adressé à la même société et intitulé « Un système de travail aux pièces », les principes fondamentaux de l'analyse des temps en même temps que ceux du tarif différentiel. Taylor eut la déception de voir la discussion, qui comme de coutume suivit la lecture de sa contribution, porter uniquement sur le second point ; or il considérait à juste

titre que l'idée de décomposer toute opération industrielle en ses éléments pour en calculer la durée était d'un intérêt bien supérieur.

C'est néanmoins à cette époque que la réputation de Taylor commença à s'établir dans les milieux industriels américains. Ses travaux de la Midvale Co sur la taille des métaux l'avaient fait remarquer et dès 1890 il fut choisi pour surveiller la construction de deux usines pour l'utilisation des déchets de scierie et pour organiser le travail dans l'une d'elles.

Cette affaire échoua pour des causes indépendantes de Taylor qui, en 1893, s'adonna à la profession d'ingénieur-conseil. C'est à ce titre qu'il fut employé par un assez grand nombre d'industriels : chez les uns il réorganisa la comptabilité : il fit alors sur ce sujet une étude spéciale dont les résultats n'ont pas été publiés. Chez d'autres, il étudia les divers systèmes de travail à la tâche. Chez William Sellers et C^{ie}, il continua ses essais sur la taille des métaux.

En 1898, il entra à la « Bethlehem Steel » où, en collaboration avec M. Barth, il donnait aux résultats de ses derniers essais la forme mathématique qui en permettait l'application. Il achevait d'y mettre au point ses idées sur l'organisation des ateliers.

Quand donc, en 1902, il publia son mémoire sur la Direction des ateliers, le monde industriel était parfaitement au courant de la valeur de son auteur.

2. — C'est à cette époque qu'il put appliquer ses idées, non plus seulement à un département d'une grande administration comme la « Bethlehem Steel », mais à l'ensemble d'une affaire, d'importance il est vrai secondaire. C'est de la « Tabor Manufacturing Company » de Philadelphie que nous voulons parler.

En 1900, cette usine, qui construisait des machines-outils pour les fonderies, était dans une situation peu

prospère. Le prix de revient de ses fabrications dépassait celui des usines concurrentes. Ses ouvriers s'étaient en effet ligués et avaient obtenu d'une direction peu énergique des avantages pécuniaires que ne justifiait nullement leur production.

Le président de cette Compagnie était un ami de Taylor qui rédigeait alors son ouvrage sur l'organisation des ateliers. Taylor offrit son concours financier, à condition que l'usine serait réorganisée suivant ses vues. Son offre fut acceptée et la réforme de l'organisation fut effectuée par M. Barth, sous la haute direction de Taylor lui-même. Elle commença en 1903 et se heurta non seulement à l'opposition des ouvriers, mais encore au mauvais vouloir des contremaîtres. Pour constituer son Bureau de fabrication, M. Barth dut employer un nombre élevé de collaborateurs dont les traitements grevaient les frais généraux d'une manière exagérée. Il fallut toute la persévérance et toute l'énergie de Taylor pour que la tâche qu'il s'était fixée ne fût pas abandonnée.

Le succès finit par arriver. Un meilleur esprit prévalut parmi le personnel : les salaires augmentèrent, la production s'accrut rapidement. L'organisation que l'on avait créée à grands frais se montra un merveilleux outil dont les ouvriers eux-mêmes tiraient bénéfice. Une grande grève de chemins de fer éclata en 1910 à Philadelphie et beaucoup de corporations se solidariserent avec les grévistes. Sur les 150 ouvriers de la Tabor, un seul prit part au mouvement et la compagnie s'en sépara sans regret, car c'était un de ceux dont la production était le plus faible.

Environ la même époque, une autre société de Philadelphie, la *Linkbelt Company*, s'adressait à Taylor et à M. Barth pour la réorganisation de son atelier de machines. Cette société, dont le nom provient d'une chaîne de transmission spéciale, construit des appareils

de levage et des convoyeurs. Dès 1905, après environ 3 ans de mise en train et d'application du système Taylor, le Président de la Société, dans une communication à la Société américaine d'Ingénieurs mécaniciens, rendait compte des bons résultats obtenus.

3. — D'autres applications également heureuses des idées de Taylor furent faites dans d'autres usines, soit par lui-même, soit par de ses anciens collaborateurs comme MM. Gantt et Sanford Thompson qui s'étaient séparés de lui sans renier ses principes.

Un grand courant d'opinion s'établit alors en faveur de l'organisation scientifique des ateliers et on décida en 1909 d'en faire l'essai dans un établissement du gouvernement, l'Arsenal de Watertown, localité voisine de Boston.

C'est là une des dates essentielles de l'histoire du système Taylor aux États-Unis.

L'Arsenal de Watertown construit du matériel d'artillerie, en particulier des affûts de gros calibre. Il compte une forge, une fonderie, un atelier de mécanique très important et un certain nombre d'ateliers accessoires (peinture, etc.). On y construit du gros matériel ; il n'y est donc exécuté que peu de travail de série.

L'Arsenal prit M. Barth comme conseiller spécialiste. Celui-ci chercha à appliquer les méthodes de Taylor dans toute la mesure qui était compatible avec une administration d'État. Sous sa direction, la méthode de mise en mains d'une fabrication fut systématiquement organisée. Les ordres de fabrication adressés des bureaux aux ateliers furent accompagnés, bien plus que par le passé de renseignements mis sous la forme de dessins, spécifications, listes des pièces, listes des matériaux, fiches de fabrication, de telle manière que les chefs d'ateliers se trouvèrent déchargés d'une fraction importante du travail de bureau qui leur incombait. Les diffé-

rentes phases de chaque fabrication furent étudiées en vue d'assurer l'approvisionnement régulier des matières nécessaires pour chaque opération et afin d'éviter que les travaux ne se trouvassent arrêtés, faute d'une matière ou d'une pièce essentielle. A cet effet, il fut institué un bureau spécial chargé d'établir régulièrement ce que l'on peut appeler l'horaire du trajet que toutes les pièces devaient parcourir dans les ateliers de modèles, de fonderie, de forge, d'ajustage et de montage, en évitant les collisions et les délais inutiles.

L'emploi des matériaux fut systématiquement contrôlé avec ce double résultat que les fabrications ne furent plus retardées par le manque de certaines matières et que les quantités dépensées furent réglées à la valeur juste suffisante aux travaux. Si des quantités dépassant les besoins stricts devaient être prévues, les travaux étaient suivis de telle manière que ces excédents ne passaient plus inaperçus et qu'ils rentraient en magasin après l'achèvement des fabrications.

Le bon état d'entretien de l'outillage et des machines-outils fut contrôlé. On put ainsi augmenter très sensiblement le rendement de certaines machines-outils, dont la production journalière fut presque triplée.

Enfin, on introduisit l'emploi du chronomètre pour déterminer le temps normal d'exécution des divers travaux. Ce temps normal, abondé de 66 %, était alloué aux ouvriers. Par application du système Halsey, la moitié du temps économisé leur était payée, ce qui par conséquent revenait à accorder une prime de 33 % aux ouvriers qui accomplissaient leur tâche dans le temps normal résultant du chronométrage.

Tous ces détails qui figurent à un rapport officiel établi en 1911 par le Général Crozier, chef du service de l'Artillerie, montrent que l'on avait cherché une conformité aussi parfaite que possible avec les vues de Taylor.

4. — Le même rapport donne des indications sur les résultats de ces mesures. Ainsi pour la fabrication d'un certain nombre de lots de 40 affûts de mortiers, la main-d'œuvre directement appliquée à la fabrication d'un affût antérieurement à l'introduction du système Taylor était de 411 dollars. Ce chiffre fut ramené à 275, soit une économie de 33 % environ. La dépense correspondant à la main-d'œuvre indirectement appliquée et aux autres frais d'atelier passa de 358 à 332 dollars, soit une économie de 7,25 %. Pour des affûts à éclipse, construits les uns avant la réforme, les autres après, les chiffres correspondants furent 10 239 et 6 949 dollars pour la main-d'œuvre directement appliquée et 10 263 et 8 956 dollars pour la main-d'œuvre indirecte et pour les autres frais d'atelier. L'économie fut donc de 32 et 13 % sur ces deux éléments du prix de revient.

Ces économies furent obtenues sans diminution des salaires payés aux ouvriers. Il est de règle dans les arsenaux américains de fixer les salaires des ouvriers d'après les cours de la région, des révisions ayant lieu fréquemment pour maintenir les taux en équilibre avec les variations du cours de la main-d'œuvre. L'emploi du système Taylor ne changeait rien à cette manière de faire, mais les sommes gagnées par les ouvriers se sont trouvées majorées du montant des primes. Les statistiques de l'Arsenal ont montré que la prime moyenne des hommes payés suivant le système Halsey était d'environ 28,5 %, cela sans surmenage visible du personnel.

5. — Bien que ces résultats parussent aussi avantageux pour le personnel ouvrier que pour la Direction, celle-ci se trouva bientôt en vive opposition avec son personnel. Voici le résumé du récit que le Général Crozier fait d'une des premières difficultés éprouvées.

L'Arsenal avait entrepris la fabrication d'une grande quantité d'arçons de selle. Un mouleur travaillant à la

journée faisait en moyenne un moule en 53 minutes. L'étude de temps conduisit à une durée normale de 24 minutes. Suivant la règle adoptée, le temps accordé aurait dû être de $24 \times 1,66 = 40$ minutes. Il fut de 50 minutes parce que le chef d'atelier eut l'impression que le chiffre précédent était trop faible.

Quand on voulut mettre le tarif en application, les ouvriers mouleurs se mirent en grève. Ils furent remplacés par d'autres ouvriers et reprirent ultérieurement le travail sous la seule condition qu'une enquête serait faite.

L'ouvrier qui fabriquait des arçons continua à dépenser 53 minutes par moule, comme du temps où il était payé à la journée, tandis que les ouvriers engagés pendant la grève les faisaient en moyenne en 20 minutes. L'un d'eux pendant toute une journée de travail les fabriqua à raison de seize minutes par moule. Toute les pièces coulées dans ces moules étaient d'ailleurs impossibles à discerner de celles faites antérieurement.

Quand les moules étaient faits en 53 minutes, leur prix de revient, frais généraux compris, était de 1,17 dollar la pièce. Quand ils étaient faits en vingt minutes, leur prix tombait à 0,54 dollar. A la journée, le mouleur gagnait 3,28 dollars par jour. A la prime et à l'allure d'un moule toutes les vingt minutes, il gagnait 5,74 dollars par jour.

6. — Ces luttes devaient se continuer pendant toute la période d'application du système Taylor à Watertown. En juin 1913 deux pétitions étaient adressées en même temps au Ministre de la Guerre, signées, l'une par les délégués ouvriers des principaux ateliers de l'Arsenal, l'autre par 349 des 373 ouvriers de l'établissement. Ces deux pétitions tendaient à l'abolition du système Taylor.

Cette demande était motivée par les arguments dont les principaux sont les suivants :

Des travaux à la prime sont confiés à des ouvriers mécaniciens de seconde classe qui gagnent des primes élevées, tandis que les ouvriers de première classe travaillent uniquement à la journée et sont exclus du bénéfice des primes.

Certains temps accordés sont trop faibles.

Des travaux de spécialité sont confiés à des manœuvres ; comme ces travaux sont exécutés à la prime, ces manœuvres gagnent des salaires plus élevés que ceux des spécialistes qu'ils remplacent.

Le nombre des accidents a augmenté depuis l'introduction du système Taylor.

Les ouvriers sont surmenés.

Le nombre des rebuts a augmenté.

Le prix de revient des fabrications a augmenté, et on a été conduit à commander à l'industrie des pièces qui, sans le système Taylor, auraient été fabriquées à meilleur compte par l'Arsenal.

Tous les intéressés se plaignent des études de temps. Elles sont humiliantes, elles rappellent l'esclavage.

7. — Le Général Crozier, dans un rapport adressé au Ministre de la Guerre, n'eut pas de peine à montrer que la plupart de ces observations étaient mal fondées. Le fait que les ouvriers de première catégorie travaillent moins souvent que les autres à la prime en raison des travaux qu'ils effectuent ordinairement n'est pas un argument contre le système Taylor. L'augmentation du nombre des accidents n'était pas imputable à la nouvelle organisation, car la statistique a montré que les accidents portaient surtout sur les ouvriers qui ne travaillaient pas à la prime. En réalité, ce qui avait augmenté, c'était le nombre des accidents constatés, à la suite d'une application plus libérale des lois sur les accidents du travail.

Aucun cas de surmenage n'a pu être prouvé lors des enquêtes faites auprès des ouvriers.

Il est faux que le prix de revient ait augmenté. Si des pièces ont été commandées à l'extérieur, c'est qu'elles devaient être fabriquées dans un court délai. L'arsenal n'aurait pu les fabriquer en temps voulu qu'en embauchant du personnel qu'il aurait fallu congédier ensuite.

Une seule objection subsiste : celle de sentiment à laquelle il est difficile de répondre ; mais le général Crozier ne voit pas ce qu'il y a d'humiliant pour un ouvrier à se laisser chronométrer dans son travail. Il ne peut toutefois que faire cette constatation : tous les ouvriers interrogés isolément demandent la suppression du système Taylor, même ceux qui paraissent en avoir bénéficié le plus par l'obtention de primes élevées.

8. — La cause de ce mauvais vouloir paraît être le mot d'ordre de la Fédération américaine du Travail. Voici la circulaire dont le Général Crozier a donné copie dans un de ses rapports. Ce document est intéressant, car il précise l'attitude de la classe ouvrière américaine à l'égard du système Taylor.

ASSOCIATION INTERNATIONALE DES MÉCANICIENS

BUREAU DU PRÉSIDENT INTERNATIONAL

« 404-407 Mac Gill Building, Washington, 26 avril 1911.
« Circulaire officielle n° 12.

« A tous ceux de l'Ordre, salut.

« Le rôle de la Grande Loge, dans le passé, a toujours été
« de jeter un cri d'avertissement toutes les fois qu'un danger
« menaçait notre corporation et de montrer le chemin du salut.
« Grâce aux efforts de notre organisation la profession de mé-
« canicien s'est élevée à un niveau supérieur, quant aux sa-
« laires et aux conditions du travail, à celui que l'on aurait
« obtenu autrement.

« Toutes les fois qu'une catégorie de travailleurs a obtenu
« un salaire élevé grâce à son organisation et à son habileté,

« le génie inventif des patrons s'est trouvé incité à imaginer
 « le moyen d'éliminer l'habileté, avec elle le mécanicien à
 « haute paye, et à lui substituer des travailleurs ordinaires
 « à salaire relativement bas.

« Le danger le plus récent, celui que nous avons en vue
 « dans cette lettre, est ce qu'on appelle le système Taylor
 « d'organisation des ateliers. M. Taylor, l'inventeur, est un
 « ancien chef-mécanicien de la « Midvale Steel Company », de
 « Philadelphie, et il est bien qualifié, par son caractère et par
 « son passé, pour entreprendre de saper notre corporation.
 « Il organise et il met en œuvre son système avec une habileté
 « consommée, son plan étant de l'installer progressivement,
 « en choisissant ses ouvriers, de manière que la méthode soit
 « en pleine exploitation dès qu'il a réussi à réunir un corps
 « d'ouvriers dociles et sans résistance.

« Le système de M. Taylor, appliqué à la profession de méca-
 « cien, est brièvement le suivant.

« 1° Au lieu d'avoir un chef d'atelier général, il en a quatre
 « spécialisés dont chacun accomplit une fraction précise de
 « la tâche du chef d'atelier. On les appelle « chef de fabrica-
 « tion (*speed boss*) », « chef des manutentions (*gang boss*) »,
 « chef de l'entretien (*repair boss*) » et « chef contrôleur ». Ces
 « places sont l'appât qu'on fait miroiter aux yeux des méca-
 « niciens qui consentent à servir d'entraîneurs pour les autres
 « travailleurs.

« 2° Au lieu de laisser les mécaniciens utiliser leur expé-
 « rience pour faire leur travail, M. Taylor a un « bureau de
 « fabrication » qui prépare pour l'ouvrier une « fiche de fabri-
 « cation » semblable à un dessin, lui disant exactement quelles
 « vitesses, quelles avances, quels outils et quelles machines
 « il doit employer ; comment fixer la pièce, etc., ne laissant
 « rien au jugement de l'ouvrier. Il élimine ainsi l'adresse et
 « cela lui permet d'employer des manœuvres.

« 3° Au lieu de se fier à l'honneur du mécanicien, en même
 « temps qu'à la vigilance du chef d'atelier pour obtenir des
 « hommes des journées de travail honnêtes, M. Taylor observe,
 « un chronomètre à la main, le meilleur ouvrier travaillant à
 « toute vitesse, et il néglige la durée de tous les mouvements
 « qu'il juge inutiles. Le résultat constitue l'étalon pour le tra-
 « vail d'une journée. Faire travailler les hommes à une vitesse
 « terrifiante est sa méthode. Il y arrive par des procédés du
 « genre des suivants :

« a) Il offre une prime à qui atteint ce maximum.

« b) Il règle tous les mouvements de l'ouvrier qu'il transforme en automate.

« c) Il impose à l'ouvrier des amendes variant d'un cent à 60 dollars.

« d) Il congédie tous ceux qui à l'essai ne réussissent pas à atteindre le maximum.

« e) Il renvoie les mécontents et garde ceux qui font ce qu'on leur dit.

« f) Il offre au contremaître une prime pour maintenir les hommes au maximum d'activité.

« g) Il organise le travail aux pièces avec un tarif différentiel ainsi conçu : si le travail maximum d'une journée est de dix pièces, par exemple, l'ouvrier touche 35 cents par pièce, ou 3,5 dollars pour la journée s'il réussit à accomplir la tâche complète ; mais s'il ne réussit pas à finir les dix pièces, même s'il ne manque qu'une fraction de pièce, il ne touche seulement que 25 cents par pièce, c'est-à-dire moins de 2,5 dollars pour sa journée. Cela constitue pour les hommes un encouragement extraordinaire à se surmener au dernier point.

« 4° Au lieu de traiter avec la collectivité des ouvriers, M. Taylor tient à des accords individuels et toute demande d'application des méthodes du travail organisé entraîne le congédiement.

« Toutes les fois que ce système a été essayé, ou bien il en est résulté des difficultés avec les travailleurs et la faillite du système, ou bien il a détruit les organisations ouvrières et a réduit les hommes à un état d'esclavage véritable, a baissé les salaires et a engendré une telle atmosphère de suspicion parmi les hommes que chacun regarde son voisin comme un traître et un espion possible.

« M. Taylor s'efforce actuellement de faire adopter son système par les arsenaux et les chantiers de constructions navales de l'État. Il a réussi à obtenir que le Ministère de la Guerre fasse l'essai de son système. Cela ferait une terrible réclame à ses méthodes et peu de temps s'écoulerait avant qu'elles soient adoptées par toutes les industries privées du pays, car, dans le public, l'État a la réputation d'être un bon patron. C'est un nouvel exemple de l'exploitation d'une bonne réputation pour un but méprisable. Nous ne savons pas quels sont les motifs du Ministère de la Guerre dans cette question, mais nous savons qu'à ce coup d'assomoir les travailleurs doivent répondre par une résistance déterminée.

« L'adoption du système Taylor dans tout le pays entraîne
 « l'alternative suivante : ou bien les mécaniciens réussiront
 « par leur résistance à détruire l'efficacité du système ou bien
 « il détruira notre corporation et notre organisation avec,
 « comme conséquences, de bas salaires, une tâche épuisante
 « et meurtrière, de longues heures et d'une façon générale des
 « conditions de travail intolérables.

« Il est manifestement impossible d'exposer convenable-
 « ment dans une courte lettre les principes du système Taylor ;
 « mais que cette lettre vous serve d'appel à la lutte. Pour
 « empêcher le système Taylor d'organisation des ateliers de
 « gagner du terrain, nous vous demandons de vous conformer
 « aux instructions suivantes :

« 1° Achetez un livre exposant le système Taylor.

« 2° Nommez un comité pour lire ce livre et pour rendre
 « compte à la Loge de ses impressions.

« 3° Invitez le secrétaire de votre association ou un comité
 « à écrire immédiatement au Ministre de la Guerre, à deux
 « sénateurs de votre État, et aux députés au Congrès de votre
 « district pour protester contre l'adoption du système Taylor
 « par le Gouvernement, et pour demander aux législateurs
 « d'appuyer toutes les mesures qui pourront être soumises
 « au Congrès en vue d'assurer le succès de cette protestation.

« Il conviendra d'indiquer quelques-unes des objections au
 « système qui figurent à la présente lettre.

« Nous avons confiance que vous comprendrez l'importance
 « de cette affaire et que vous verrez le danger menaçant.
 « Agissez vite.

Fraternellement à vous.

Signé : JAMES O'CONNELL,
*Président international de l'Association
 internationale des Mécaniciens. »*

9. — Les mesures politiques préconisées par la circu-
 laire que l'on vient de lire ne devaient pas tarder à pro-
 duire leur effet. Une commission de 3 membres fut nom-
 mée le 21 août 1911 par le Congrès en vue d'une enquête
 dont les résultats ont été publiés par le Gouvernement
 américain. Elle entendit tout ce que l'Amérique pouvait
 renfermer de spécialistes de l'organisation scientifique
 des ateliers, disciples de Taylor ou dissidents. Elle

interrogea également des ouvriers ayant travaillé suivant le système Taylor, des industriels l'ayant appliqué avec ou sans succès. Ses procès-verbaux remplissent trois volumes qui constituent la documentation la plus complète qu'il y ait relativement à l'histoire et aux principes du système Taylor.

Voici quelles furent les conclusions de son rapport remis à la Chambre des Représentants le 9 mars 1912.

« Nous recommandons que, toutes les fois qu'il est possible, « dans les travaux exécutés par l'État, les machines-outils, « écrous et boulons soient standardisés, la direction des travaux prenant continuellement soin que le coût de cette standardisation ne dépasse pas les profits à en attendre.

« Secondement. — Que la Direction accorde en tout temps « une studieuse attention à une préparation et une exécution « méthodique du travail, au groupement logique des machines, « à la fourniture d'outils et d'accessoires convenables et à « l'élimination des mouvements et du travail inutiles de la « part des ouvriers.

« Troisièmement. — Qu'une étude soigneuse des machines « doit être faite en vue d'obtenir les vitesses de coupe et avances qui procureront la meilleure et la plus grande production « possible.

« Quatrièmement. — La Direction doit mettre en œuvre « tous les efforts pour provoquer une coopération complète « entre le personnel des travailleurs et elle-même, et doit, en « conséquence, agir avec ce personnel de la manière la plus « ouverte et la plus franche, fournissant les occasions les plus « complètes pour des consultations et des explications avant « l'exécution d'une mesure en projet qui doit affecter les intérêts des ouvriers.

« Le chronométrage des ouvriers au travail ne devra pas « être fait sans leur consentement, et l'autorité ne leur imposera aucune condition qui implique quelque humiliation ; « le travail aux pièces pourra être employé quand l'ouvrage « à accomplir comportera la reproduction continue de pièces « identiques, mais à la condition expresse que les tarifs ne « seront pas abaissés à moins que les conditions de production « ne soient changées ; dans les autres cas, le salaire devra être « payé à la journée au taux le plus élevé pour la classe de « travaux analogues payé dans la région où le travail de l'État

« est accompli à l'exception que, par consentement mutuel,
 « du travail à la prime pourra être admis, mais en prenant
 « soin scrupuleusement que les ouvriers aient complète faculté
 « d'augmenter leur gain sans risque de surmenage, de discuter
 « collectivement s'ils le désirent, et d'en appeler facilement
 « et directement à la Direction toutes les fois qu'ils croiront
 « leurs intérêts menacés. »

Nous ne reproduisons pas pour le moment certains des considérants du rapport dont les conclusions ci-dessus sont la conséquence et nous reportons au chapitre suivant, dans la conclusion, la discussion des opinions émises par la Commission. Nous nous contentons pour le moment d'exposer les faits.

10. — Les propositions de la Commission d'enquête furent adoptées par le Parlement américain qui décida que les crédits votés à partir de 1913 pour des travaux d'État ne pourraient être dépensés à des ouvrages où l'on ferait usage du chronométrage des ouvriers et où les salaires seraient à la prime.

Cette décision donnait donc satisfaction aux organisations ouvrières qui toutes étaient hostiles au système Taylor.

Toutefois, la suppression des primes à l'arsenal de Watertown ne fut pas instantanée puisqu'elle n'était ordonnée que pour les travaux du budget de 1913. On n'y renonça donc que progressivement à mesure de l'achèvement des travaux des budgets antérieurs et la suppression ne fut complète qu'en 1916.

Sous cette seule réserve, l'organisation de l'arsenal telle qu'elle avait été réalisée par Gantt, Barth, Dwight Merrick, collaborateurs immédiats de Taylor, ne fut changée en rien par l'application des décisions du Parlement ; on continua à remettre aux ouvriers des fiches de fabrication où étaient portées toutes les indications définissant dans le détail les opérations à effectuer. Le bureau des temps possédait en effet des résultats de

chronométrage en nombre suffisant pour pouvoir établir la durée normale de n'importe quelle construction mécanique. Mais la sanction faisait défaut et peu à peu les temps furent dépassés. La production des machines qui dans bien des cas avait triplé redescendit en moyenne à la moitié d'après les uns, aux deux tiers d'après les autres du maximum qu'elle avait atteint.

Il resterait donc, du seul fait que la méthode Taylor a été appliquée, un bénéfice sur la production des machines qui, en définitive, maintenant encore, est plus élevé qu'au moment de son introduction. Toutefois, il est vraisemblable qu'avec l'organisation ancienne la production des machines aurait augmenté par le seul jeu du progrès dans l'outillage et de l'accroissement de l'expérience du personnel.

11. — Les comparaisons de prix de revient que l'on pourrait faire entre l'arsenal de Watertown et d'autres établissements seraient d'ailleurs fortement entachées d'erreur du fait que cet arsenal travaillait au moment de notre visite dans des conditions anormales. Considérablement agrandi pendant la guerre, il avait congédié depuis la majeure partie de son personnel, de sorte que la plupart des machines n'étaient pas occupées. Il y avait donc sur les prix de revient une lourde charge d'amortissement et de frais généraux de tout ordre qui grevait considérablement les travaux que l'on y faisait encore.

12. — Le maintien du système Taylor a eu la conséquence suivante : les cartes de temps remises aux ouvriers servent non seulement à ceux-ci pour leur définir le travail à faire et leur indiquer le temps qu'ils devront y mettre, mais aussi au *Routing department* pour établir d'avance l'emploi du temps des ouvriers afin de connaître les disponibilités de main-d'œuvre. Le dépassement systématique par les ouvriers des temps portés sur les

cartes qui leur sont remises aurait pour conséquences de retarder tous les travaux de l'atelier et les prévisions faites seraient très inexactes. On a donc été conduit à augmenter progressivement les temps portés aux cartes de façon à maintenir une coïncidence suffisante entre les prévisions et la réalité. Il n'a certainement pas échappé à la Direction qu'il y avait un inconvénient grave à donner ainsi une sorte d'acquiescement officiel à une limitation systématique de la production. Si le système Taylor a été néanmoins conservé, c'est évidemment que les Services d'exécution ont pensé que la présente interdiction du travail à la prime n'aurait qu'un temps, et elle a préféré conserver intacts tous les rouages du système Taylor qui n'avaient pas été exclus formellement. Nous ignorons si le nouveau gouvernement est revenu sur les décisions de son prédécesseur.

13. — Quoi qu'il en soit, la décision prise en 1913 contre le système Taylor a donné raison à l'hostilité générale des unions ouvrières à son égard. Le développement du système dans l'industrie privée en a été entravé, les directeurs de société, même ceux qui étaient convaincus de son excellence, ont hésité à l'introduire dans leurs usines, ne voulant pas s'exposer à des difficultés ouvrières. Dans l'industrie des constructions navales, en particulier, laquelle utilise des masses importantes de travailleurs qui, en général, ne restent que peu de temps dans le même chantier et sur qui, par conséquent, la Direction a peu de prise, les directeurs se défendent d'employer le système Taylor. Il n'en est pas moins vrai que, même dans ces chantiers, les idées de Taylor ont fait leur chemin et que dans bien des cas les améliorations apportées à l'organisation ne sont que l'adaptation adroite de ses principes.

14. — Les usines américaines paraissent à ce point de vue pouvoir se diviser en trois classes. Quelques-unes,

en faible proportion, appliquent intégralement le système Taylor. Elles ont été organisées par Taylor lui-même, par ses collaborateurs immédiats ou par quelques jeunes *efficiency engineers* qui suivent scrupuleusement les enseignements du maître en ne perfectionnant que le détail.

La grande majorité des usines reconnaît l'immense intérêt de l'œuvre de Taylor, mais elle n'applique ses idées que partiellement. Ainsi la *General Electric Co* est la plus grande société du monde pour la fabrication du matériel électrique. Elle possède plus de 85.000 employés. Sa seule usine de Schenectady en contient plus de 23.000. Le directeur général de cette usine connaît parfaitement le système Taylor qu'il a intégralement appliqué dans d'autres sociétés. Il n'a pas cru devoir en faire autant à la *General Electric* parce qu'il le trouvé compliqué et trop paperassier. De plus il estime qu'il est dangereux d'éparpiller entre plusieurs personnes la responsabilité du chef d'atelier. Il n'admet donc pas la subdivision des attributions de ce dernier.

En conséquence, il existe à Schenectady un bureau des fabrications, comprenant une section des temps ; mais ce bureau n'entreprend des études de fabrications que sur la demande des chefs d'ateliers, quand ceux-ci ont à fabriquer des pièces qui doivent être exécutées à un grand nombre d'exemplaires. Les procédés de fabrication sont alors étudiés avec tout le soin que recommande Taylor ; on détermine notamment les montages qui doivent être employés ainsi que les vitesses de coupe, avances, etc. La durée de la fabrication est déterminée par le procédé des temps élémentaires, en utilisant une documentation extrêmement importante que possède le bureau des temps.

La fiche de fabrication ainsi établie est remise au chef d'atelier qui l'utilise telle quelle toutes les fois qu'il

doit faire exécuter des pièces du modèle étudié. Quand les pièces à fabriquer sont isolées, même si elles sont très importantes, l'atelier n'a pas recours au bureau central des fabrications. Il rédige par ses propres moyens la fiche de travail à remettre à l'ouvrier, fiche qui d'ailleurs ne donne pas d'indications précises sur les procédés d'exécution, et il détermine le salaire de base par interpolation, en comparant la pièce avec des objets analogues pour lesquels il a été fait une estimation détaillée de la durée normale de fabrication.

15. — La question de savoir s'il faut remettre aux ouvriers des instructions détaillées sur les procédés de travail reste très controversée. Quand une pièce est fabriquée en grande série, les procédés de fabrication ont été étudiés de tout temps et dans tous les ateliers avec grand soin. L'invention moderne des fiches de fabrication détaillées a l'avantage de faciliter beaucoup l'instruction des manœuvres spécialisés auxquels est confiée la conduite des machines-outils dans les fabrications de cette catégorie. Il en est donc fait un large usage dans les usines où s'exécutent ces travaux.

Au contraire, les services qui construisent de grosses pièces mécaniques, et qui, par suite, emploient des ouvriers qualifiés, remettent rarement à ces ouvriers des fiches de fabrication portant des indications de vitesse de coupe, d'avance et de serrage. Cependant ces usines possèdent des bureaux des temps qui, pour calculer la durée normale d'exécution, sont obligés de déterminer tous ces éléments et à qui il coûterait bien peu de peine de reproduire ces indications sur une fiche remise à l'ouvrier.

On ne le fait pas parce que cela froisserait les ouvriers, disent les industriels, et aussi sans doute parce qu'ils ne veulent pas appliquer de trop près le système Taylor, honni par les associations ouvrières.

16. — La grande influence que Taylor a exercée sur l'industrie américaine s'est manifestée à son décès, survenu en 1915. La Société pour l'Avancement de la Science de l'Organisation (devenue depuis Société Taylor) tint une réunion extraordinaire pour célébrer la mémoire du fondateur de l'Organisation scientifique. A cette réunion l'œuvre de Taylor fut célébrée par des représentants des plus importantes sociétés américaines, ainsi que par des représentants de la France, de la Suède et de l'Allemagne.

17. — La Société Taylor que nous venons de nommer groupait en 1920 351 membres représentant les industries les plus diverses : constructions mécaniques, industrie du vêtement, typographie, industries alimentaires, chemins de fer, constructions navales, etc. Les *efficiency experts*, c'est-à-dire les ingénieurs consultants spécialistes de l'Organisation scientifique, y étaient en 1920 au nombre de 105, montrant l'importance acquise en Amérique par cette nouvelle profession.

CHAPITRE VIII

LE SYSTÈME TAYLOR EN FRANCE

1. — Le système Taylor a été révélé au monde industriel français par M. Henry Le Chatelier qui a publié en 1907 dans sa *Revue de Métallurgie* les mémoires fondamentaux de Taylor, notamment l'art de tailler les métaux et la Direction des Ateliers (Shop management). Depuis cette époque M. Le Chatelier n'a pas cessé d'être le champion de l'Organisation scientifique du travail, répondant à toutes les critiques que la nouveauté des idées de Taylor ne pouvait pas manquer de soulever. Sa préface à la traduction française des « Principes d'Organisation des Usines » de Taylor et son mémoire sur le système Taylor reproduit dans la *Revue de Métallurgie* en 1915 à l'occasion de la mort de Taylor, constituent des ouvrages fondamentaux où l'ensemble de la question est étudié avec une vue synthétique que l'on ne trouve même pas chez l'auteur du système.

2. — M. Charles de Fréminville, auteur de nombreux articles et de nombreuses conférences au sujet du système Taylor ne s'est pas contenté de combattre dès la première heure, par la plume et par la parole, en faveur des nouvelles méthodes. Il a travaillé de toutes ses forces à leur application. Nous citons en particulier l'Organisation du travail aux Chantiers de Penhoët

(St-Nazaire) qui occupent trois mille ouvriers, et qui ont été *taylorisés* sous sa haute direction (1).

3. — Les applications du système Taylor en France n'ont jamais, croyons-nous, intéressé l'ensemble de l'organisation des usines. L'effort a surtout porté sur les procédés de fabrication et sur la recherche du temps normal nécessaire pour un travail déterminé. La répartition des fonctions du chef d'atelier entre un certain nombre de chefs de services, plus contraire aux habitudes et d'une nécessité moins évidente, ne paraît guère avoir été essayée.

4. — Un principe fondamental de Taylor, c'est que son système doit être introduit lentement, en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter de heurter trop violemment les préjugés de l'ensemble du personnel. Il a été parfois méconnu, notamment lors de l'application que l'on a voulu en faire dans une des grandes usines de construction d'automobiles de la région parisienne. Le principe que la Direction voulait adopter était de faire déterminer par expérience l'outillage le meilleur pour fabriquer une pièce. Ce résultat une fois acquis, un ouvrier spécial travaillait aussi vite qu'il pouvait pendant trois heures, en utilisant les procédés de travail ainsi étudiés. Sa production servait de base pour la détermination des tâches. Ce système ne fut pas accepté par les ouvriers de l'usine qui se mirent en grève jusqu'à ce que la Direction fût revenue à ses anciens procédés. Comme cette tentative avait été donnée un peu abusivement comme un essai de *taylorisation*, son échec servit d'argument aux adversaires du système Taylor.

5. — La Guerre vient poser un problème nouveau, celui de fabriquer une quantité de matériel pour ainsi

(1) Voir LAVALLÉE.

dire illimitée avec une main-d'œuvre insuffisante, principalement quant au nombre d'ouvriers habiles. Il s'agissait néanmoins de fabrications particulièrement difficiles : obus, canons, moteurs d'avions, où les tolérances s'exprimaient en centièmes de millimètres. Pour ces fabrications de guerre, on n'avait pas à s'inquiéter des considérations si importantes de l'industrie de temps de paix : écoulement des produits, politique générale de ventes et d'achats. Les questions purement techniques passaient au premier plan.

En conséquence, et bien que le nom de Taylor n'ait pas été généralement invoqué, on se mit à étudier les détails de la fabrication dans un esprit scientifique tout nouveau. Les ouvriers spécialistes étant en nombre insuffisant, on les utilisa surtout comme outilleurs et comme moniteurs. L'exécution du travail fut confiée à des manœuvres spécialisés dont la plupart étaient des femmes. Les fabrications les plus difficiles purent être mises au point par ces procédés, et c'est ainsi que l'on vit des femmes rectifier des arbres à manivelles d'avions, opération que l'on considérait autrefois comme n'étant à la portée que des meilleurs ouvriers.

6. — La part prépondérante prise par la Direction dans l'étude des procédés de travail ne pouvait faire évoluer les habitudes que dans une direction plus scientifique, avec cette conséquence que l'habileté manuelle, le coup d'œil deviennent de moins en moins nécessaires.

Ainsi, les obus de 75, pour résister sans éclater à la fatigue élevée que leur impose la pression de la poudre au départ du coup, doivent être soumis à un traitement thermique absolument déterminé. En raison du danger que fait courir au canonnier un projectile qui éclate dans l'âme du canon, on vérifiait la qualité de métal de *chaque* obus en le soumettant à une pression intérieure de 1 400 kg. par centimètre carré, l'expérience

ayant montré que les obus qui avaient subi cet essai sans subir de gonflement permanent donnaient satisfaction lors de l'essai de tir effectué sur un certain nombre d'obus de chaque lot.

Les usines qui fabriquaient des obus avant la guerre avaient des spécialistes trempeurs qui, grâce à leur expérience, reconnaissaient à la seule couleur de l'obus s'il était à la température convenable pour la trempe. Bien que l'on sût déjà évaluer d'une façon très précise en degrés centigrades la température de trempe, on ne la mesurait généralement pas et on se contentait du coup d'œil de l'ouvrier trempeur.

Quand on voulut étendre la fabrication, on s'aperçut bien vite que l'évaluation d'une température par la simple couleur de l'acier est extrêmement difficile. Elle exige un long apprentissage et même un trempeur habitué à une certaine lumière risque de se tromper si on le fait opérer dans un atelier dont l'éclairage est différent. Toutes ces difficultés disparurent quand on put employer des pyromètres, appareils délicats, mais dont les indications peuvent être lues par le premier venu.

7. — Cette évolution est générale. La diminution du nombre d'ouvriers très habiles, ou plutôt l'augmentation des besoins de l'industrie qui occupe un personnel chaque jour plus considérable, oblige la Direction à se préoccuper de plus en plus des procédés d'exécution pour lesquels elle a pu longtemps s'en rapporter à son personnel alors assez riche en spécialistes d'élite. Comme les ingénieurs n'ont pas la même pratique que les ouvriers, ils sont obligés d'utiliser des procédés d'étude scientifique d'application beaucoup plus immédiate. Par surcroît, ces procédés donnent des résultats incomparablement plus précis et plus économiques que les procédés « du ponce et de l'œil » d'autrefois.

8. — Il s'ensuit que l'on fait de moins en moins appel à l'adresse manuelle. Pour apprendre à limer droit, il faut, dit-on, trois mille heures d'étau, pendant lesquelles l'apprenti discipline ses muscles de manière que sa lime porte bien également sur toute la surface du plan qu'il travaille. Un bon tourneur est presque aussi rare qu'un bon ajusteur ; mais sa valeur consiste bien moins dans son habileté à manier les divers organes de son tour, que dans la possession d'un grand nombre de notions sur le montage des engrenages pour le filetage, sur les outils à employer, les valeurs de l'avance qui donnent un fini suffisant à la surface tournée, etc... On pourrait imaginer un tourneur qui apprendrait son métier dans un livre, tandis que seule la pratique peut apprendre à limer.

Pendant longtemps la précision des machines-outils a été inférieure à celle du travail à la main des ajusteurs et récemment encore un de nos plus grands constructeurs faisait terminer sur le marbre les arbres à manivelles des machines marines. Au contraire, aux États-Unis où la construction des machines-outils est très perfectionnée alors que la main-d'œuvre qualifiée est déficiente, le travail à la lime a presque entièrement disparu.

9. — Cette évolution est entièrement conforme aux idées de Taylor. A ce point de vue la France entre dans ses vues. De plus en plus les industriels installent des bureaux de fabrication où les procédés de travail sont minutieusement étudiés et les temps normaux de fabrication déterminés en vue de la fixation des tarifs de tâches. Les exemples donnés au chapitre V montrent que les grands établissements industriels de l'État n'ont pas été les derniers à s'engager dans cette voie.

10. — Toutefois une certaine répugnance se laisse voir à adopter le système Taylor dans toute son orthodoxie. Si l'on trouve un assez grand nombre d'usines

possédant des bureaux de fabrication, des tableaux à fiches permettant de suivre la situation de la main-d'œuvre, il est rare, du moins dans les usines qui utilisent des ouvriers qualifiés, qu'on remette à ceux-ci des fiches de fabrication détaillant les opérations qu'ils ont à faire. Cela tient à la résistance que comme en Amérique, quoique à un moindre degré, les associations ouvrières opposent au système Taylor. A titre de conclusion et d'appréciation générale, nous allons passer en revue les caractéristiques essentielles du système et les objections auxquelles il a donné lieu :

11. — Le caractère philosophique de l'œuvre de Taylor a été clairement montré par M. Le Chatelier. Taylor est un adepte convaincu du déterminisme. Tout phénomène est le résultat des conditions qui l'ont précédé suivant des lois immuables. Il faut que l'homme connaisse ces lois pour que, modifiant judicieusement les conditions initiales, il puisse régler suivant ses intérêts la production des phénomènes. Sur ce principe théorique tout le monde est d'accord, mais bien peu s'en servent parmi les industriels et même parmi les savants. M. Le Chatelier donne des exemples amusants du fatalisme de certains industriels, qui, au lieu de rechercher les causes des mécomptes dans les fabrications, préfèrent les considérer comme un mal nécessaire.

12. — En réalité, personne ne nie le principe de causalité. Seulement, très fréquemment, les circonstances dont dépend le phénomène sont tellement nombreuses qu'il nous est impossible de les connaître toutes. Dans d'autres cas des variations extrêmement faibles des conditions initiales, d'un ordre de grandeur inférieur à l'approximation de nos mesures, suffisent à produire des variations très grandes dans l'effet produit. Nous disons alors que le phénomène n'est régi que par les lois du hasard. Henri Poincaré, à qui nous empruntons les

idées précédentes, donne comme exemples de ces deux catégories de faits la météorologie, dont les lois nous échappent encore, en raison du grand nombre de variables qui y entrent, et la roulette, pour laquelle une variation, pour nous inappréciable de l'impulsion de la bille, suffit à faire varier dans de grandes limites la case où celle-ci s'arrête.

13. — Dans les exemples que cite M. Le Chatelier d'industriels qui se refusent à rechercher scientifiquement la raison pour laquelle un four à porcelaine fonctionne mal, « dort », disaient-ils, celle pour laquelle les gazogènes à grille ou sans grille ont alternativement la préférence de leurs ingénieurs, il faut simplement voir l'idée, préconçue ou motivée par l'expérience, que les circonstances dont dépend le phénomène sont trop nombreuses pour être accessibles à l'analyse et que leur conséquence doit être regardée comme un effet du hasard.

14. — Cet état d'esprit, Taylor l'a combattu toute sa vie et il a lutté pour prouver que tous les problèmes industriels sont susceptibles d'être résolus rationnellement, qu'à force de soins dans l'énumération des causes qui influent sur un phénomène et de patience dans l'exécution des expériences qui font connaître la répercussion sur le résultat de la variation de chacune des données, on est payé de sa peine par un rendement qui dépasse beaucoup celui de l'ouvrier livré aux seules ressources de sa prétendue expérience.

L'exemple principal qu'il en a donné a été l'étude de la coupe des métaux. Les travaux de Taylor dans cette branche de la science industrielle ont permis de tripler la production des machines-outils. Le pas décisif a été fait quand Taylor a découvert en collaboration avec White le procédé de traitement thermique qui convenait aux aciers rapides au tungstène. Cette découverte n'est

pas due à l'heureuse méprise d'un ouvrier, comme on l'a dit parfois, mais bien à l'exécution systématique d'essais avec des températures de trempe régulièrement variables. C'est une preuve éclatante de la fécondité des méthodes scientifiques appliquées à l'industrie.

15. — Certains ont nié que les méthodes de Taylor méritassent vraiment l'épithète de scientifiques. Comme l'a montré M. Le Chatelier, on peut distinguer la science de l'empirisme par le fait que le second n'étudie que des cas particuliers tandis que la première s'efforce de résoudre les problèmes dans toute leur généralité.

Ainsi l'empirisme consistera, ayant à fabriquer sur un tour donné une pièce également déterminée, à mesurer la durée de fabrication de la pièce en utilisant successivement toutes les combinaisons d'avance, de vitesse, de serrage, etc... que permet le tour. Taylor au contraire étudie le problème général de la fabrication d'une pièce quelconque sur un tour quelconque. Alors que les résultats de la première étude ne valent que pour le cas particulier envisagé, ceux de Taylor s'étendent d'eux-mêmes à tous les tours et à toutes les pièces.

Le fait que les résultats de Taylor ne sont qu'approximatifs en raison des hypothèses simplificatrices qu'il a été nécessaire d'admettre au début de ses études pour limiter le nombre des mesures à un chiffre réalisable n'ôte pas à ces résultats leur caractère scientifique, de même que certains raisonnements restent scientifiques bien qu'ils invoquent la loi de Mariotte qui n'est qu'approchée.

D'ailleurs cette discussion qui ne porte que sur un mot, paraît quelque peu oiseuse. Le point essentiel, c'est que les écrits de Taylor ont été le point de départ d'un esprit nouveau qui s'est répandu dans toute l'industrie et qui a conduit indiscutablement dans toutes sortes de branches à l'amélioration notable des procédés de travail.

16. — Toutefois une création de Taylor reste en butte aux attaques des patrons et des ouvriers : c'est l'ensemble de son organisation.

Les industriels reprochent au système Taylor sa complication, et l'importance des dépenses de frais généraux qu'il entraîne.

La complication est réelle ; mais n'est-ce pas un mal inhérent au progrès ? L'objection n'est pas valable.

Il n'est pas certain que dans son application, le système Taylor conduise à des dépenses de frais généraux plus élevés. En réalité, la besogne d'écriture nécessaire pour le fonctionnement d'une grande usine doit être faite par l'un ou par l'autre. Si on fait rédiger par un contremaître les bons de magasin nécessaires pour obtenir la délivrance des matières, on gaspille le temps du contremaître à un travail qui sera aussi bien fait par un employé à salaire moins élevé. En engageant cet employé on augmente les frais généraux apparents de l'usine, mais en réalité on permet au contremaître de consacrer plus de temps à sa véritable fonction qui est de diriger les ouvriers.

17. — Un reproche plus justifié à notre avis est l'élévation des frais de première installation du système dans une usine. Taylor et ses disciples ont à diverses reprises insisté sur la sage lenteur qu'il faut observer quand on veut réorganiser scientifiquement une usine. On doit commencer par faire choix d'un *efficiency expert* qui organise un bureau de fabrication, met l'outillage au point, pratique des chronométrages, puis enfin impose successivement à tous les ouvriers des tâches bien déterminées. Tout cela dure très longtemps et exige un nombreux personnel qui est lent à produire.

La principale cause de cette lenteur réside dans la répugnance du personnel ouvrier et même dirigeant à accepter les nouvelles méthodes, répugnance qu'il ne

faut pas heurter de front, si l'on veut éviter un échec. Si le système Taylor se généralisait dans un grand nombre d'usines les autres l'adopteraient sans rencontrer les mêmes difficultés, le personnel ayant pris l'état d'esprit nécessaire par simple contact avec ses voisins.

18. — Une autre cause de lenteur est qu'actuellement, quand on installe le système dans une usine, les études de temps doivent être entreprises *ab ovo*. Taylor et ses émules ont bien donné le moyen de calculer la durée des travaux faits par les machines-outils principales, mais rien ou presque rien n'est publié sur la durée normale des montages des pièces sur ces machines et des manœuvres qui séparent les diverses passes. Le livre de Merrick contient des temps de ce genre pour des tours-revolvers, mais ces temps constituent des exemples et non une série complète. Beaucoup d'industriels ont fait des études de temps très complètes qui pourraient utilement servir aux usines nouvelles qui s'organisent scientifiquement, mais ils en gardent les résultats enfermés dans leurs archives, et ils ne se soucient pas d'en faire profiter leurs concurrents.

Actuellement donc, une usine doit commencer ses relevés par les opérations les plus élémentaires et chronométrer par exemple le temps qu'il faut à un ouvrier pour prendre un tournevis dans sa boîte à outils. Cette situation est évidemment transitoire. Taylor pensait qu'il appartenait aux constructeurs des machines-outils de faire les études nécessaires et de vendre en même temps que leurs machines un recueil des temps élémentaires des principales opérations qu'elles permettent. Cette idée est logique, mais on pourrait craindre de la part des constructeurs des machines-outils une tendance à publier des chiffres un peu faibles pour augmenter le rendement apparent de leurs fournitures. Nous imaginons plutôt qu'une grande administration à l'abri

de la concurrence comme un Arsenal de la Guerre ou de la Marine, une compagnie de chemins de fer, se lancera un jour résolument dans l'application stricte des méthodes de Taylor et publiera les résultats de ses études de temps.

19. — Pour répondre avec précision aux industriels qui objectent que l'organisation scientifique coûte cher, il faudrait comparer des prix de revient avec et sans l'application du système. C'est ce qui a été fait à l'arsenal de Watertown (voir chapitre VII) et la comparaison montre une économie à la fois sur la main-d'œuvre directement appliquée, sur la main-d'œuvre indirectement appliquée et sur les autres frais d'ateliers. En réalité ce témoignage, pour être tout à fait probant, devrait être accompagné de renseignements au sujet des circonstances accessoires de l'essai. Si par exemple les travaux faits suivant le système Taylor étaient en minorité, ce qui est vraisemblable, et si les dépenses de frais généraux supplémentaires ont été imputées à la totalité des travaux faits par l'Arsenal au prorata de la main-d'œuvre directement appliquée, on s'explique que les dépenses indirectes aient été moins fortes avec le système Taylor que sans lui, bien que cela soit contraire à l'esprit du système.

20. — Aussi nous préférons le raisonnement suivant : les documents que rédigent les employés spéciaux de Taylor peuvent être classés en deux catégories. Les uns remplacent des documents analogues faits par d'autres personnes dans l'organisation ordinaire : ce sont par exemple les listes des matières, les bons de magasin, les ordres de transport. En centralisant la confection de ces papiers qui se font alors en série et autant que possible en utilisant des procédés de reproduction perfectionnés, on ne peut que diminuer les dépenses correspondantes. La seconde catégorie comprend les docu-

ments qui ne seraient pas établis avec l'organisation ordinaire, notamment les fiches de fabrication, les fiches suiveuses et les études de temps. Est-il avantageux de les établir ?

Il paraît impossible de donner une règle générale pour tous les travaux. Supposons que l'on veuille appliquer rigoureusement la méthode Taylor au travail d'un calqueur dans un bureau de dessin. Pour déterminer la durée normale d'exécution d'un calque donné par la méthode des temps élémentaires, il faudrait faire la somme des longueurs de toutes les lignes, calculer le nombre de coïncidences de règle à assurer, d'ouvertures de compas à prendre, etc... Le calcul serait aussi long à faire que le calque, sinon plus. Au contraire, il suffit de quelques secondes pour calculer qu'il faut environ 157 heures pour aléser un cylindre de 2 mètres de diamètre et 1 m. 50 de longueur avec une vitesse de coupe de 5 m. par minute et une avance de 0,2 mm.

21. — On conçoit donc que le nombre des employés d'un bureau de fabrication correspondant à un atelier d'importance déterminée puisse varier beaucoup, suivant la spécialité des usines. Dans l'usine décrite au chapitre II le bureau de fabrication n'emploie que 7 employés pour 100 ouvriers affectés au travail manuel ; mais dans d'autres installations de la même ville, considérées comme des succès, la proportion s'élève à 35 % (1).

Aux chantiers de Penhoët, le bureau qui rédige les feuilles d'instruction et expédie aux Ateliers les fiches suiveuses comprend 47 employés pour un total d'environ 3 000 ouvriers, soit un personnel d'environ 1,6 % affecté à la rédaction des documents spéciaux au système Taylor.

22. — Les frais généraux d'un atelier de constructions

(1) Lieutenant STERLING.

mécaniques représentent une dépense de l'ordre de 100 % de la main-d'œuvre directement appliquée.

Une dépense supplémentaire de 1,6 % peut être considérée comme négligeable. La question qui se pose n'est donc pas de savoir si les frais d'entretien du bureau de fabrication sont payés par l'augmentation du rendement, mais simplement de s'assurer que cette augmentation existe, tout bénéfice perceptible devant amener une économie supérieure à l'accroissement des frais généraux.

Or, il paraît évident que le système Taylor qui a pour but d'éviter les hésitations, de faire en sorte que les ouvriers adoptent les meilleurs procédés d'exécution, d'encourager ces ouvriers au travail, doit augmenter le rendement de la main-d'œuvre.

23. — Toutefois, il peut arriver que des inconvénients viennent contrebalancer ces avantages. Le système Taylor entraîne la centralisation de la besogne administrative dans un seul bureau et la répartition entre plusieurs personnes de la responsabilité incombant habituellement au chef d'atelier. Les inconvénients de la centralisation apparaissent dans toutes les grandes administrations. On sait trop qu'elle aboutit généralement à la disparition des responsabilités effectives. Chacun des rouages de ces administrations échappe difficilement à la tendance à ne voir dans les affaires qui sont de son ressort que des papiers qui arrivent et des papiers qui partent et à considérer qu'il a fait tout son devoir lorsqu'il a transmis à l'un de ses voisins un de ces papiers avec une annotation prudemment dubitative. L'expérience a montré combien cette politique, qui sauvegarde les intérêts particuliers des chefs de service et leur permet d'esquiver les responsabilités, peut être funeste au bien général de l'administration. Dans le système Taylor, le rôle de plusieurs des chefs

de service entre qui se répartit la responsabilité de l'entreprise se borne également à recevoir des documents écrits et à les transmettre au service suivant après les avoir convenablement complétés. Qu'une transmission n'ait pas lieu par la faute d'un des saute-ruisseaux qui tirent les nombreux exemplaires de chaque imprimé et qui les portent à destination et toute la machine se trouvera arrêtée. Quand on s'en apercevra, on ne trouvera comme responsable qu'un jeune garçon de quinze ans.

Une organisation qui serait ainsi à la merci de l'étourderie ne serait pas viable. Il faut qu'à la tête de l'entreprise se trouve un chef qui sache faire en sorte que l'erreur d'un seul ne compromette pas le service et qui prenne les mesures nécessaires pour assurer le contrôle. Ce chef peut faire défaut et c'est ce qui explique que certaines usines, organisées scientifiquement, aient subi des échecs tandis que d'autres, malgré leur organisation moins rationnelle, ont été conduites au succès par des chefs de valeur. L'importance du rôle du chef, Taylor est le premier à la proclamer.

24. — Les ouvriers font au système des objections d'un autre ordre que les patrons. Nous en avons vu la plupart dans la circulaire de l'Union Américaine des ouvriers mécaniciens (chapitre VII).

Une des principales est le danger de la surproduction. Quand le rendement des ouvriers est triplé, le patron, disent-ils, est conduit à renvoyer les deux tiers des ouvriers qui sont ainsi victimes du chômage. Ce raisonnement n'est exact que si l'on considère les choses par le petit côté et pour une courte période. Un procédé technique nouveau peut amener, pour un article déterminé, une surproduction momentanée. Il peut en résulter un chômage partiel. Mais le jeu de forces, pour ainsi dire naturelles, ramène l'équilibre comme nous allons le voir.

25. — Dans cette question interviennent d'une part la création des richesses, d'autre part leur répartition. Toute richesse, ou bien nous est fournie par la nature, ou bien est créée par l'activité des hommes. Mais pour récolter la première catégorie une dépense de main-d'œuvre est toujours nécessaire, en sorte que la production de toute richesse augmente quand le rendement de la main-d'œuvre s'accroît. Il est donc évident que le système Taylor augmente la somme des biens mis à la disposition de l'humanité tout entière.

26. — Dans notre société actuelle, est-il favorable à la classe ouvrière ? La question est plus délicate. Pour certains objets, le besoin est fixe et n'est fonction ni du prix de vente, ni du prix de revient. L'objection des ouvriers est valable dans ce cas. Mais il est tout à fait exceptionnel, et il faut aller chercher des fabrications toutes spéciales comme celle des cercueils ou des jambes de bois, pour trouver des objets dont la vente n'augmente pas quand le prix de revient s'abaisse. Pour tous les autres, nous voyons la production s'accroître sans cesse à mesure que le prix de vente baisse. Qui en profite ? Les patrons dont le chiffre d'affaires augmente et par suite le bénéfice ; le client qui voit s'accroître le pouvoir d'achat des sommes dont il dispose. Mais l'ouvrier fait précisément partie de cette seconde catégorie et il profite de l'accroissement de la production générale, même si son salaire n'a pas augmenté.

En admettant même que l'augmentation des salaires payés aux ouvriers que l'on constate au début de l'application du système Taylor soit transitoire et que, le système devenant d'emploi général, les salaires doivent être finalement ramenés aux taux d'avant la réforme, l'ouvrier verra donc son bien-être augmenter grâce à l'accroissement de la puissance d'achat de l'argent qu'il touche.

27. — Que le progrès de l'industrie profite surtout aux classes les plus pauvres de la société, c'est l'évidence même. Rappelons-nous la fameuse description de La Bruyère de la condition des paysans à la fin du XVII^e siècle. « L'on voit certains animaux farouches (les laboureurs)..... Ils se retirent la nuit dans des tannières où ils vivent de pain noir, d'eau et de racines, ils épargnent aux autres hommes la peine de semer, de labourer et de recueillir pour vivre, et méritent ainsi de ne pas manquer de ce pain qu'ils ont semé ». Si ces images affreuses ont disparu de notre Société, ce n'est pas seulement l'effet des idées généreuses de notre XVIII^e siècle, c'est aussi celui du développement de l'industrie qui, multipliant les richesses, a permis d'augmenter le bien-être des plus pauvres.

28. — Les associations ouvrières déclarent que le système Taylor est dégradant, qu'il ravale l'homme au niveau de l'esclave, de la brute et même de la machine. Le chronométrage serait particulièrement humiliant.

Il n'y a pas lieu de s'arrêter longtemps à ce dernier point qui paraît puéril. Rappelons seulement, avec M. Le Chatelier, que les athlètes se soumettent au chronométrage, sans s'en trouver humiliés.

Plus sérieuse est la question de savoir si l'on ne rabaisse pas l'ouvrier à qui on ne laisse aucune initiative, à qui l'on indique par le menu comment il doit exécuter le moindre travail.

En réalité Taylor n'a pas innové dans cet ordre d'idées : il n'a fait que chercher à étendre les avantages de la division du travail. L'ouvrier qui autrefois passait toute sa vie à former des têtes d'épingles n'était-il pas plus transformé en machine que le tourneur à qui Taylor se contente d'indiquer le réglage à adopter pour son tour ?

D'autre part, la moyenne des hommes est-elle si ja-

louse d'exercer son activité intellectuelle et souffre-t-elle tant que cela de laisser l'initiative de ses actions à plus instruit ou plus énergique ? La grande majorité se contente parfaitement d'exécuter une tâche toute tracée, et tout ce qu'elle demande, c'est que cette tâche n'exige pas de sa part un effort au-dessus de ses forces. Or, un des caractères du système Taylor c'est de chiffrer exactement la grandeur de l'effort, ce qui permet par suite de ne l'imposer qu'en toute connaissance de cause.

29. — L'imposition d'une tâche ne constitue pas non plus une innovation. De tout temps les travaux qui se répètent indéfiniment ont été effectués aux pièces. Il est évident que le fabricant d'épingles à la main savait exactement combien chaque ouvrier pouvait faire d'opérations chaque jour et que les salaires étaient fixés en conséquence. La nouveauté dans le système Taylor, c'est que par l'étude élémentaire du temps, le patron arrive à savoir d'avance combien un ouvrier pourra dans un jour fabriquer de pièces d'un type qui n'a jamais été construit avec autant d'exactitude qu'un maréchal ferrant, par exemple, sait le nombre de fers qu'un de ses ouvriers peut forger.

30. — Remarquons enfin que rien n'est plus opposé au système Taylor que le *sweating-system*, justement condamné par tous les auteurs qui se sont occupés de sociologie. On sait qu'il consiste à faire travailler aux pièces les ouvriers chez eux, loin de tout contrôle, à des prix qui sont le résultat du jeu de l'offre et de la demande entre un capitaliste et des travailleurs isolés. On n'ignore pas à quels salaires de famine et à quel surmenage il amène fatalement. Dans le système Taylor rien de pareil, puisque les conditions de travail sont strictement déterminées et que les prix sont calculés sur des bases précises qui peuvent être aisément discutées entre patrons et syndicats. Qui empêcherait en

effet de fixer une majoration légale à ajouter aux temps élémentaires calculés, comme on a fixé la durée normale de la journée de travail ?

31. — Que le travail de l'ouvrier spécialisé soit fastidieux et rebutant par sa monotonie, on l'a remarqué depuis longtemps. Fourier dans son phalanstère, voulait que chaque membre de la communauté accomplît successivement dans divers ateliers les travaux nécessaires pour l'entretien de sa famille. La diversité de ses occupations devait les rendre attrayantes. L'expérience a montré la vanité de cette conception.

Il faut en prendre son parti. La civilisation européenne a fait naître chez l'homme des besoins qui ne peuvent être satisfaits que par une industrie de grand rendement. Celle-ci exige la division du travail et la fastidieuse spécialisation qu'elle comporte. M. Ford, l'industriel américain bien connu, annonçait récemment l'époque prochaine où toute famille américaine aurait sa voiture automobile. Comme le prix d'une voiture de ce genre correspond à environ cinquante journées d'ouvrier, cela signifie que le travailleur américain aime mieux consacrer deux mois de ce travail réputé si fastidieux à l'acquisition d'une voiture plutôt que de les passer dans l'oisiveté. Cette manière de faire qui nous paraît toute naturelle, semblerait sans doute absurde au Tahitien qui se refuse à tout travail dès qu'il s'est procuré les moyens d'assurer strictement sa subsistance. Mais nous voyons par là que le travail des usines n'est pas tellement pénible et rebutant, puisque les Américains s'y astreignent non pas seulement pour gagner leur pain, mais encore pour se procurer le superflu.

32. — Taylor a toujours exprimé sa pensée avec une vivacité et une franchise extraordinaires, qui ont contribué puissamment au succès de son œuvre. Ses ouvrages, rédigés en style de pamphlet, sont amusants à lire. Tou-

tefois l'absence de précautions oratoires indispose souvent le lecteur. Il est certain que les membres des associations ouvrières n'ont pu être que choqués quand ils ont lu par exemple :

« Cette flânerie est si universellement pratiquée dans ce but (maintenir les patrons dans l'ignorance de la vitesse à laquelle on peut faire un travail) qu'on aurait peine à trouver dans un grand établissement un ouvrier travaillant à la journée ou aux pièces, à l'entreprise ou suivant tout autre système ordinaire, qui ne passe une partie considérable de son temps à étudier quelle est la juste lenteur avec laquelle il doit travailler pour convaincre encore son patron qu'il marche à une bonne allure » (1).

De même quand Taylor déclare qu'un remueur de fonte doit

« ressembler intellectuellement à un bœuf plutôt qu'à n'im-
« porte quel autre type ».

L'ouvrier qui lit de pareille déclarations n'est mis ni en confiance ni en sympathie et il a de la peine à se fier aux assurances de l'auteur relatives aux avantages qu'il pourra recueillir d'une réforme conçue en partant de telles prémisses.

33. — Déterministe rigoureux, comme l'a remarqué M. Le Chatelier, Taylor croit fermement que la direction des hommes obéit à des lois scientifiques aussi rigoureuses que la taille des métaux. Il fixe le chiffre du supplément de salaire que l'on doit offrir à un homme pour le transformer d'ouvrier flâneur en ouvrier énergique et zélé. Il indique la progression que l'on doit suivre dans les réprimandes que l'on adresse à un ouvrier fautif en cas de récidives successives ; réprimande légère sur un ton amical, réprimande plus vive, reproches brutaux, menace de renvoi, etc...

Bien que Taylor affirme avoir pour lui la sanction

(1) TAYLOR, III, p. 58.

de l'expérience, ces procédés paraissent d'une psychologie un peu courte. Une sérieuse objection au déterminisme dans les faits d'ordre psychologique, c'est que si la connaissance du caractère d'un homme permet de prévoir en général ses actes dans des circonstances données, il suffit d'une fantaisie, par exemple du désir soudain de réagir contre ses habitudes, pour que sa décision déroute toutes les prévisions. Il suffit en particulier que les ouvriers s'aperçoivent du procédé de leur patron pour que, par simple esprit d'indépendance ou, si l'on veut, de contradiction, ils agissent à l'encontre de ses désirs.

Taylor s'est sans doute aperçu lui-même de ce fait puisque, finalement, à la savante gradation des réprimandes, il a substitué un système d'amendes.

34. — Il semble donc que les procédés préconisés par Taylor pour la direction du personnel soient la partie la plus faible de son système. On ne commande pas de la même manière à une escouade, à une compagnie, à un régiment et à une armée. Taylor paraît avoir surtout bien réussi dans les ateliers d'importance moyenne, comportant une centaine d'ouvriers. Nous avons vu qu'à Watertown, vaste établissement industriel du Gouvernement américain, ses méthodes n'ont pu venir à bout de la résistance des ouvriers. Il est juste d'ailleurs de remarquer qu'il ne s'est pas personnellement occupé de cet arsenal, qui a été réorganisé par de ses anciens collaborateurs.

En France, ce sont les procédés techniques de Taylor qui se sont répandus, et l'on paraît avoir laissé de côté jusqu'à présent ses principes de commandement du personnel, qui paraissent peu appropriés au caractère de l'ouvrier français.

35. — Sous cette réserve, l'œuvre de Taylor apparaît comme extrêmement féconde. Il a montré l'extraordi-

naire bénéficie que l'on retirait de l'étude scientifique des procédés et des temps de fabrication. Sur ce point l'accord paraît établi et on ne compte plus les usines qui, en France, possèdent un bureau de fabrication et un bureau des temps. Il ne paraît pas douteux que ce mouvement aille en s'accroissant, la situation particulière créée en France par une natalité insuffisante devant conduire à une raréfaction de plus en plus marquée de la main-d'œuvre et à un besoin de plus en plus pressant d'utiliser le plein rendement des travailleurs disponibles.

Notons, comme une preuve du développement du système Taylor en France, l'inauguration à Paris au mois de juin 1923 d'un Congrès annuel de l'Organisation Scientifique.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- J. AMAR. *Le moteur humain*. Paris, Duncd.
- CH. FRÉMONT. *A propos du système Taylor*, publication de la Technique Moderne. Paris, Dunod.
- *Origine et évolution des outils*. Divers mémoires publiés par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.
- GANNT. *Travail, salaires et bénéfices*. Compte rendu par Nusbaumer. Revue de Métallurgie, 1915.
- F. B. GILBRETH. *Étude du mouvement*, traduction par J. Ottenheimer. Paris, Dunod.
- JOËSSEL. *Rapport sur des expériences relatives à la forme et à l'emploi des outils d'ajustage faites à l'usine d'Indret*. Mémorial du Génie Maritime, 1863, page 415.
- M. LAVALLÉE. *Résultats obtenus par l'application des nouvelles méthodes de travail dans un chantier de 3 000 ouvriers*. Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, 1919.
- H. LE CHATELIER. *Le Système Taylor*. Revue de Métallurgie, 1915.
- D. V. MERRICK. *Time Studies*. Engineering Magazine Co, New-York.
- E. NUSBAUMER. *L'organisation scientifique des usines*. La Nouvelle Librairie Nationale, 1924.
- T. G. ROBERTS. *An analysis of the principles of industrial management*. Transactions of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, vol. 25, 1917.
- F. W. STERLING. *The successful operation of a system of scientific management*. Journal of the American Society of Naval Engineers 1920, reproduit dans « Scientific Management » par Clarence B. Thompson.
- F. W. TAYLOR. (1) *La taille des métaux (The Art of cutting Metals)*. Adresse présidentielle au Congrès de New-York de l'American Society of Mechanical Engineers. Transactions

XXVIII (1906). Traduction française par L. Descroix, publiée par la Revue de Métallurgie, 1907.

- (2) *Notes sur les courroies*. Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, XV (1893). Traduction par L. Descroix dans la Revue de Métallurgie, 1907.
 - (3) *La Direction des ateliers (Shop Management)*. Transactions of American Society of Mechanical Engineers, XXIV, 1902. Traduction par L. Descroix dans la Revue de Métallurgie, 1907.
 - (4) *Pourquoi les industriels n'apprécient pas les diplômés des Universités et Écoles techniques*. Proceedings of the Society for the promotion of engineering education, 1909. Traduction par L. Descroix dans la Revue de Métallurgie, 1910.
Les publications (2), (3) et (4) ont été réunies en un volume intitulé *Direction des Ateliers*. Paris, Dunod.
 - (5) *Principes d'organisation scientifique des usines*. Traduction par J. Royer. Préface par H. Le Chatelier. Paris, Dunod et Pinat.
 - (6) *A piece-rate system*. Transactions of American Society of Mechanical Engineers, XVI, 1894.
- A. THULOUP. *Cours de Technologie de l'École d'application du Génie maritime*. Tirage de l'École.

TABLE DES FIGURES

1. Liste des matériaux	43
2. Fiche suiveuse de Taylor	45
3. Fiche-mère de fabrication	47
4. Etiquette suiveuse	48
5. Bon de délivrance du magasin	49
6. Fiche de fabrication (recto)	50
7. Fiche de fabrication (verso)	51
8. Tracé de l'outil dégrossisseur	73
9. Angles de coupe	75
10. Outil talonnant	76
11. Angles de dégagement	77
12. Règle de Barth (Schéma)	85
13. Règle de Barth	87
14. Courbe de débit d'un outil	89
15. Règle du Ct Denis	90
15 bis. Tableau des vitesses de moindre usure	91
16. Variation de la rémunération	109
17. Variation des prix de revient	110
18. Variation des salaires avec l'activité	115
19. Châssis	124
20. Panneau	124
21. Tasseau	124
22 et 23. Châssis renforcés	126
24. Barème rotatif	130
25. Fiche perforée	133

26. Poinçonneuse	134
27. Trieuse	135
28. Tabulatrice imprimante.	136
29. Hiérarchie des services (Schéma).	140
30. Capsule dynamométrique de Marey.	151
31. Travail du marteau d'un forgeron	158
32. Appareil Frémont (vue d'ensemble).	160
33. Appareil Frémont (détail de la lime).	161

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	1
------------------------	---

CHAPITRE PREMIER

Principes du système Taylor . . .	3
-----------------------------------	---

CHAPITRE II

L'organisation d'une usine d'après le système Taylor	24
Bureau des fabrications.	25
Service de préparation, 25. — Service d'ordonnancement, 29. — Service d'exécution, 33.	
Service de contrôle.	38
Comptabilité	39

CHAPITRE III

L'étude des temps et des procédés de travail.	54
Exemple de la taille des métaux, 54. — Relevé des temps élémentaires, 55. — Étude des procédés de travail, 58. — Étude de la taille de l'acier, 70. — Travaux du commandant Denis, 86.	

CHAPITRE IV

Les divers modes de rémunération du travail.	97
Salaire à la journée, 97. — Salaire aux pièces, 98. Marchandage, 100. — Système différentiel de Taylor, 101. — Système Halsey, 105. — Système Rowan, 106. — Étude algébrique du pro-	

blème, 106. — Prime ou boni de l'ouvrier et baisse du prix de revient, 108. — Représentation graphique, 109. — Détermination d'un mode de salaire répondant à certaines conditions, 111. — Application des tarifs, 112. — Formules simplifiées, 113. — Nécessité d'une détermination rigoureuse du temps de base, 116.

CHAPITRE V

Application du système Taylor à diverses indus

tries	1
Travaux de menuiserie	1
Organisation scientifique d'une comptabilité . .	1
Organisation d'une grande administration . . .	1

CHAPITRE VI

Les systèmes d'organisation scientifique du travail

dérivés ou rivaux du système Taylor.	1
Système Emerson	1
Système Vickers.	1
Système Gannt	1
Études des physiologistes.	1
Étude des mouvements par le major Gilbreth. .	1
Travaux de M. Frémont.	1
Travaux de M. J. Amar	1

CHAPITRE VII

Le système Taylor aux États-Unis . . . 1

CHAPITRE VIII

Le système Taylor en France . . . 1

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE.	2
---------------------------------	---

TABLE DES FIGURES	2
-----------------------------	---

COLLECTION ARMAND COLIN

Chaque volume in-16, broché 9 fr.
Relié. 10 fr. 25

“ Vulgariser sans abaisser ”

BUT DE LA COLLECTION

- 1° Fournir **aux jeunes gens** qui désirent s'initier à la pratique d'une profession, ou se perfectionner dans celle qu'ils ont choisie, des instruments commodes de travail, sous la forme de livres courts, et cependant complets, rédigés par des savants, par des spécialistes en chaque matière.
- 2° Mettre à la portée de **toute personne cultivée** que les nécessités de la vie ont obligée à se spécialiser, des exposés clairs et précis des connaissances jusqu'ici acquises dans les domaines les plus variés.

La COLLECTION ARMAND COLIN répond ainsi à ce besoin qu'a tout homme intelligent de sortir de temps en temps de sa spécialité pour faire, dans les champs d'action d'autrui, une excursion qui ne peut être instructive que si elle a lieu sous la direction d'un guide sûr. *C'est ce guide que fournit la « Collection Armand Colin ».*

- 3° Répandre au dehors des livres exposant les idées, les méthodes et le goût français, et faire ainsi rayonner dans le monde la science et la culture françaises.

- N° 1. **Rayonnement** (Principes scientifiques de l'Éclairage), par A. BLANC, Professeur à la Faculté des Sciences de Caen (35 figures).
- N° 2. **La Construction du Vaisseau de guerre**, par E. JAMMY, Ingénieur en chef aux Forges et Chantiers de la Méditerranée (183 figures, 4 planches hors texte)
(Ouvrage couronné par la Ligue maritime et coloniale française.)
- N° 3. **Cinématique et Mécanismes**, par R. BRICARD, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers (79 figures).
- N° 4. **L'École classique française** : Les doctrines et les hommes, 1660-1715, par A. BAILLY, Professeur au Lycée Pasteur.
- N° 5. **Éléments d'Agriculture coloniale** : Plantes à huile, par Yves HENRY, Inspecteur général de l'Agriculture aux Colonies (35 figures).
- N° 6. **Télégraphie et Téléphonie sans fil**, par C. GUTTON, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon (107 figures).
- N° 7. **Théorie cinétique des Gaz**, par E. BLOCH, Maître de Conférences à la Sorbonne (7 figures).
- N° 8. **Traité pratique de Géométrie descriptive**, par J. GEFROY, Ingénieur des Arts et Manufactures (248 figures).
- N° 9. **Statique et Dynamique** (Tome I), par H. BÉGHIN, Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier (76 fig.).
- N° 10. **Statique et Dynamique** (Tome II), par H. BÉGHIN, Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier (151 figures).
- N° 11. **Éléments d'Électricité**, par Ch. FABRY, Professeur à la Sorbonne (70 figures).
- N° 12. **La Fonte** (Élaboration et Travail), par le Colonel ! ROUELLE (29 figures).
- N° 13. **L'Hérédité**, par Et. RABAUD, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris (34 figures).
- N° 14. **Principes de l'Analyse chimique**, par V. AUGER, Professeur de Chimie analytique à la Sorbonne (11 fig.).

- N° 15. **Les Pyrénées**, par M. SORRE, Maître de Conférences à la Faculté des Lettres de Bordeaux (3 cartes).
- N° 16. **Chimie et Fabrication des Explosifs**, par P. VEROLA, Ingénieur en chef des Poudres (9 figures).
- N° 17. **La Révolution française**, par A. MATHIEZ, Professeur à l'Université de Dijon. Tome I *la Chute de la Royauté*.
- N° 18. **Les grands Marchés des Matières premières**, par F. MAURETTE, Professeur à l'École des Hautes Études Commerciales (8 cartes et 3 graphiques).
- N° 19. **L'Industrie du Fer en France**, par J. LEVAINVILLE, Docteur de l'Université de Bordeaux (4 cartes).
(Ouvrage couronné par la Société de Géographie de Paris.)
- N° 20. **L'Acier (Élaboration et Travail)**, par le Colonel J. ROUELLE (45 figures).
- N° 21. **Le Droit ouvrier** (Tableau de la Législation française actuelle), par G. SCELLE, Professeur à la Faculté de Droit de Dijon.
- N° 22. **Les Maladies dites Vénériennes**, par le Dr P. RAVAUT, Médecin de l'Hôpital Saint-Louis (22 figures).
(Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences, Prix Bérion.)
- N° 23. **La Houille blanche**, par H. CAVAILLÈS, Professeur au Lycée de Bordeaux (8 cartes et 4 figures).
- N° 24. **Propriétés générales des Sols en Agriculture**, par G. ANDRÉ, Professeur à l'Institut Agronomique.
- N° 25. **Vue générale de l'Histoire d'Afrique**, par G. HARDY, Directeur général de l'Enseignement au Maroc.
- N° 26. **Les Instruments d'Optique**, par H. PARISELLE, Professeur à la Faculté des Sciences de Lille (82 fig.).
- N° 27. **Le Naturalisme français**, par P. MARTINO, Professeur à la Faculté des Lettres d'Alger.
- N° 28. **Théorie du Navire** (Tome I), par M. LE BESNERAIS, Ingénieur en chef du Génie Maritime (61 figures).
- N° 29. **Éléments de Paléontologie** (Tome I), par L. JOLEAUD, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris (53 figures).

- N° 30. **Éléments de Paléontologie** (Tome II), par L. JOLEAUD, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris (*40 figures*).
- N° 31. **Le Ballon, l'Avion, la Route aérienne**, par M. LARROUY, Ingénieur de l'École Supérieure d'Aéronautique (*25 figures*).
- N° 32. **La Société Féodale**, par J. CALMETTE, Professeur à l'Université de Toulouse.
- N° 33. **Bois coloniaux**, par H. LECOMTE, Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire Naturelle (*28 figures*).
- N° 34. **Probabilités, Erreurs**, par Émile BOREL, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne et R. DELTHEIL, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse (*10 fig.*).
- N° 35. **Physique du Globe**, par Ch. MAURAIN, Professeur à l'Université de Paris (*21 figures*).
- N° 36. **L'Atmosphère et la prévision du Temps**, par J. ROUCH, Professeur à l'École Navale (*36 figures*).
- N° 37. **Les Méthodes actuelles de la Chimie**, par P. JOLIBOIS, Professeur à l'École Supérieure des Mines (*45 figures*).
- N° 38. **Les Coopératives de consommation en France**, par Bernard LAVERGNE, Professeur à la Faculté de Droit de Nancy.
- N° 39. **La Grande Guerre (1914-1918)**, par le général THEVENET, ancien Gouverneur de Belfort (*15 cartes*).
- N° 40. **Mines et Torpilles**, par Henri STROH, Ingénieur en chef de la Marine (*40 figures*).
- N° 41, 42, 43. **Chimie minérale** (3 volumes), par H. COPAUX, Professeur à l'École de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris et H. PERPÉROT, Sous-Chef de travaux pratiques à l'École de Physique et de Chimie.
- N° 44. **Éléments de Géométrie analytique**, par A. TRESSE, Docteur ès sciences, Professeur au Lycée Buffon (*91 figures*).
- N° 45. **Le Félibrige**, par Émile RIPERT, Professeur à la Faculté des Lettres de l'Université d'Aix-Marseille.

- N° 46. **Le Blocus et la Guerre sous-marine**, par A. LAURENS, Chef de la Section historique de l'Etat-Major de la Marine.
- N° 47. **Alternateurs et Moteurs synchrones** (Tome I), par E. ROTH, Ingénieur en chef de la Société Alsacienne de Constructions électriques de Belfort (102 figures)
- N° 48. **Alternateurs et Moteurs synchrones** (Tome II), par E. ROTH, Ingénieur en chef de la Société Alsacienne de Constructions électriques de Belfort (66 figures)
(Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences, Prix Hébert)
- N° 49. **Éléments d'Agriculture coloniale . Plantes à fibres**, par Yves HENRY, Inspecteur général de l'Agriculture aux Colonies (55 figures).
- N° 50. **Astronomie générale**, par Luc PICART, Directeur de l'Observatoire de Bordeaux (42 figures)
- N° 51. **L'Après-guerre et la Politique commerciale**, par Cl. GIGNOUX, Chargé de Cours à la Faculté de Droit de Nancy.
- N° 52. **La Révolution française**, par A. MATHIEZ, Professeur à la Faculté des Lettres de Dijon Tome II *La Gironde et la Montagne*
- N° 53. **L'Angleterre au XIX^e siècle, son évolution politique**, par Léon CAHEN, Professeur au Lycée Condorcet.
- N° 54. **Balistique extérieure**, par J. OTTENHEIMER, Ingénieur principal d'Artillerie navale (48 figures).
- N° 56. **Les Alpes françaises**, par R. BLANCHARD, Professeur à l'Université de Grenoble (15 cartes)
- N° 57. **Les Courants alternatifs**, par Pierre SÈVE, Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille (127 figures).
- N° 58. **Rome et les Lettres latines**, par A. DUPOUY, Professeur au Lycée Michelet.
- N° 59. **Théorie du Navire** (Tome II), par M. LE BESNERAIS, Ingénieur en chef du Génie Maritime (33 figures).
- N° 60. **Calculs numériques et graphiques**, par Émile GAU, Doyen de la Faculté des Sciences de Grenoble (33 figures et graphiques).

- N° 61. **Les Industries de la Soie en France**, par P. CLERGET, Directeur de l'École de Commerce de Lyon (10 graphiques, 15 tableaux statistiques).
- N° 62. **Les Industries de fixation de l'Azote**, par Marcel GUICHARD, Professeur à la Sorbonne (21 figures).
- N° 63. **Le Saint-Siège, l'Église catholique et la Politique mondiale**, par Maurice PERNOT, Agrégé de l'Université, ancien Membre de l'École française de Rome.
- N° 64. **La France économique et sociale au XVIII^e siècle**, par Henri SÉE, Professeur à l'Université de Rennes.
- N° 65. **Les Submersibles**, par G. RABEAU, Ingénieur du Génie Maritime et A. LAURENS, Chef de la Section historique de l'État-Major de la Marine (44 figures).
- N° 66. **Les Doctrines économiques en France depuis 1870**, par Gaetan PIROU, Professeur à la Faculté de Droit de Bordeaux.
- N° 67. **Introduction à la Géologie**, par J. LEUBA, Docteur ès sciences (60 figures).
- N° 68. **La Renaissance des Lettres en France, de Louis XII à Henri IV**, par J. PLATTARD, Professeur à la Faculté de Poitiers.
- N° 69. **Parnasse et Symbolisme**, par P. MARTINO, Professeur à la Faculté des Lettres d'Alger.
- N° 70. **Les Moteurs à explosion**, par E. MARCOTTE, Ingénieur (I. C. F.), Professeur à l'École spéciale des Travaux publics (61 figures).
(Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences, Prix Trémont)
- N° 71. **Le Magnétisme**, par P. WEISS, Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg et G. FOEX, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Strasbourg.
- N° 72-73. **Éléments de Calcul différentiel et de Calcul intégral** (Tomes I et II), par Th. LECONTE, Inspecteur général de l'Instruction publique et R. DELTHEIL, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.
- N° 74. **Peuples et Nations des Balkans**, par Jacques ANCEL, Professeur au Collège Chaptal et à l'École des Hautes Études Commerciales (3 cartes).

- N° 75. **Transport de l'Électricité**, par René COUFFON, Ingénieur des Arts et Manufactures (45 figures).
- N° 76. **Les Alpes, Géographie générale**, par Emm DE MARTONNE, Professeur à la Sorbonne (24 cartes ou graphiques).
- N° 77. **Les Moteurs à combustion**, par E. MARCOTTE, Ingénieur (I. C. F), Professeur à l'Ecole Spéciale des Travaux publics (37 figures).
(Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences, Prix Trémont.)
- N° 78. **La Transformation de l'énergie électrique :**
I. **Transformateurs**, par René CARTON, Ingénieur E. M. I., et Pierre DUMARTIN, Ingénieur A. et M. I. E. G. (39 figures).
- N° 79. **Les Origines du Capitalisme moderne** (*Esquisse historique*), par Henri SÉE, Professeur honoraire à l'Université de Rennes.
(Recommandé par le Comité France-Amérique)
- N° 80. **Balistique intérieure**, par J. OTTENHEIMER, Ingénieur principal d'Artillerie navale (28 figures).
- N° 81. **La Pensée française au XVIII^e siècle**, par Daniel MORNET, Professeur à la Sorbonne.
- N° 82. **Mesures Électriques**, par Jean GRANIER, Ingénieur, préparateur à la Faculté des Sciences de Montpellier (85 figures).
- N° 83. **La Littérature italienne**, par Th. LAIGNEL, Professeur agrégée d'italien au Lycée de jeunes filles de Lyon.
- N° 84. **L'organisation scientifique du travail**, par Georges BRICARD, Ingénieur en chef du Génie Maritime.
- N° 85-86. **Les Courants de la Pensée philosophique française** (Tomes I et II), par A. CRESSON, Professeur de Philosophie au Lycée Condorcet.
- N° 88. **Syndicats et Coopératives agricoles**, par Michel AUGÉ-LARIBÉ, Secrétaire général de la Confédération nationale des Associations agricoles.
- N° 91. **Les Expériences monétaires contemporaines**, par George-Edgar BONNET, Directeur général adjoint de la C^o du Canal de Suez.

Nouvelle Édition entièrement refondue et considérablement augmentée, en 2 volumes

CHARLES SEIGNOBOS

HISTOIRE POLITIQUE DE L'EUROPE CONTEMPORAINE

Évolution des Partis et des Formes politiques (1814-1914)

- Tome I. Un volume in-8° raisin (16×25), XIV-536 pages, broché 55 fr.
Tome II. Un volume in-8° raisin, 694 pages, broché 75 fr.
Chaque volume relié demi-chagrin, tête dorée, 35 fr. en sus

A AULARD

HISTOIRE POLITIQUE DE LA RÉVOLUTION FRANÇAISE

Origine et développement de la Démocratie et de la République (1789-1804)

- Un volume in-8° raisin (16×25), 816 pages, broché 70 fr.
Relié demi-chagrin, tête dorée, 105 fr.

Nouvelle Édition entièrement refondue, en 3 volumes

EMMANUEL DE MARTONNE

TRAITÉ DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

Tome I : Notions Générales — Climat — Hydrographie.

Un vol. in-8° raisin (16×25), 508 pages, 193 figures et cartes dans le texte, 12 reproductions photographiques et 2 planisphères en couleur hors texte, br. 65 fr.

Tome II : Relief du sol. Un volume in-8° raisin (16×25), 562 pages, 207 figures et cartes dans le texte, 95 reproductions photographiques hors texte, broché 75 fr.

Tome III : Biogéographie. (En collaboration avec MM. Chevalier et Cuenot).

Un vol in-8° raisin (16×25), 450 pages, 94 figures et cartes dans le texte, 4 reproductions photographiques hors texte, broché. 60 fr.

Chaque vol. relié demi-chagrin, tête dorée 35 fr. en sus.

ÉMILE HAUG

TRAITÉ DE GÉOLOGIE

Tome I : Les Phénomènes géologiques. Un volume in-8°, 538 pages, 195 figures et cartes, 78 planches hors texte, broché . . . 75 fr.
Relié demi-chagrin, tête dorée 110 fr.

Tome II : Les Périodes géologiques. 1.488 pages, 291 figures et cartes et 64 planches hors texte.

Le tome II est en vente, soit en 3 fascicules in-8° raisin, brochés :
1^{er} fascicule, 40 fr. ; — 2^e fascicule, 50 fr. ; — 3^e fascicule, 65 fr.
soit en 2 volumes in-8° raisin, reliés demi-chagrin ; ensemble . . . 225 fr.

